



**Pedro Miguel Dias Silva**

**Incisão laser em rolos de silicone para aplicações  
decorativas na indústria cerâmica**



**Pedro Miguel Dias Silva**

**Incisão laser em rolos de silicone para aplicações decorativas na indústria cerâmica**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Materiais, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor Pedro Manuel Lima de Quintanilha Mantas do Departamento de Engenharia Cerâmica e do Vidro da Universidade de Aveiro

## **o júri**

presidente

Professor Doutor Joaquim Manuel Vieira  
professor Catedrático da Universidade de Aveiro

Professor Doutor Pedro Manuel Lima de Quintanilha Mantas  
professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

Professor Doutor José Roberto Tinoco Cavalheiro  
professor Associado da Secção de Materiais da Faculdade de  
Engenharia da Universidade do Porto

## **agradecimentos**

Professor Doutor Pedro Manuel Lima de Quintanilha Mantas

ACA serigrafia, Lda. – Acessórios e máquinas para cerâmica

Maria Assunção Silva Dias

Manuel Ângera Silva

Rita Manuel Dias Silva



## palavras-chave

Incavografia, incisão, decoração, indústria cerâmica, silicone

## resumo

A decoração de peças na indústria cerâmica constitui uma etapa de grande importância no processo de produção pois é responsável pelas características da peça que mais influenciam a opinião do consumidor. Actualmente, a técnica de decoração mais utilizada no segmento cerâmico de produção de "Pavimento e Revestimento" é a serigrafia, existindo diversos métodos de aplicação baseados neste princípio.

Com pouco mais do que uma década de existência, a simbiose entre a tecnologia *laser* e a química/física do silicone constitui actualmente uma referência mundial no que diz respeito à decoração na indústria cerâmica. Resultado da evolução do princípio de decoração por serigrafia, a passagem da tela polimérica para uma matriz de silicone incisa a *laser*, acarreta uma série de vantagens que coloca este processo no topo da lista dos métodos de decoração mais utilizados no panorama mundial da indústria cerâmica.

Caracterizado pelo facto da aplicação do motivo ser executada à mesma velocidade do movimento da peça cerâmica, o processo decorativo baseado num cilindro de silicone inciso, incavografia, distingue-se das máquinas tradicionais, oferecendo ao produtor claras vantagens em termos de volumes de produção, manuseabilidade do equipamento, definição gráfica obtida, limpeza, diversidade do produto final, durabilidade, etc.

No estágio, devido às exigências do processo produtivo, foi criado um protocolo de execução de encomendas que actualmente faz parte dos procedimentos de tomada de decisão relativamente à execução de um trabalho. Foram descobertas novas potencialidades de incisão alargando-se o leque de soluções decorativas proporcionadas pela incavografia. O processo de incavografia foi documentado e promenorizadamente analisado, tendo-se identificado as principais variáveis presentes no processo e a sua influência no mesmo.

**keywords**

Incavography, incision, decoration, ceramic industry, silicone

**abstract**

The decoration of pieces in the ceramic industry is an extremely important stage in the production process, once it is responsible for the pieces' characteristics that influence the consumer's opinion. Nowadays, the most used technique of decoration in the ceramic segment of "Floor and Covering" production, is serigraphy, having been developed several application methods based on this principle.

With a few more than one decade of existence, the symbiosis of the laser technology and the chemistry/physics of silicone, comprise a worldwide reference at the present time, regarding the decoration in the ceramic industry. Resulting from the evolution of the decoration principle of serigraphy, the transition from a polymeric screen to a silicone matrix incised by laser, it brings a series of advantages that places this process in the top of the list of the most used decoration methods in the worldwide panorama of the ceramic industry. Portrayed by the fact of the shape application being executed at the same speed of the ceramic piece movement, the decorative process named incavography, is based in a incised silicone cylinder and it is also distinguished from the traditional machines, as far as it offers the producer obvious advantages in terms of quantity of production, handiness of the equipment, graphical definition, cleanness, diversity of the final product, durability and so on.

In the training period, because of the requirements of the production process, it was created an ordering execution protocol, which has been one of the procedures of the decision taking, relatively to the execution of a work. New potentialities of incision have been discovered, widening the possibilities of decoration solutions offered by incavography. The incavography process was registered and analyzed in detail, giving the opportunity to identify the main variables present in the process and their influence on it.

## ESTÁGIO PROFISSIONAL

*Empresa:* ACA – Acessórios e Máquinas para Cerâmica, Lda.  
Zona Industrial de Oiã – 3770-059 Oiã;

*Duração:* 9 meses (2007-02-01 a 2007-10-31);

*Fundamento:* Formação em posto de trabalho na área da serigrafia para a indústria cerâmica com base na tecnologia de incisão laser em rolos de silicone.

*Objectivos:* Conhecer e controlar matérias-primas e funcionalidades de equipamentos e máquinas;  
Conhecer e explorar *softwares* utilizados e aplicar parâmetros gráficos com base nos requisitos exigidos pelo cliente tendo em conta os seus parâmetros de produção;  
Executar encomendas;  
Desenvolver novas potencialidades de incisões.

---

## ÍNDICE

JÚRI	3
AGRADECIMENTOS	4
RESUMO	5
ABSTRACT	6
ESTÁGIO PROFISSIONAL	7
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
1.1. DECORAÇÃO NA CERÂMICA	11
1.2. PAVIMENTO E REVESTIMENTO	13
1.3. INCAVOGRAFIA	15
<b>2. DECORAÇÃO POR INCAVOGRAFIA</b>	<b>16</b>
2.1. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO	16
2.2. O CILINDRO	19
2.2.1. DUREZA	21
2.2.2. DIMENSÕES	23
2.2.3. DURAÇÃO	24
2.2.4. LIMPEZA	25
2.3. A ESPÁTULA	25
2.3.1. PRESSÃO	26
2.3.2. ÂNGULO	26
2.3.3. DURAÇÃO	27
2.4. MÁQUINA ROTOCOLOR	29
2.4.1. POSICIONAMENTO	29
2.4.2. MODOS OPERACIONAIS	30
<b>3. A REALIZAÇÃO DE UM TRABALHO POR INCISÃO LASER</b>	<b>32</b>
3.1. ANÁLISE	36
3.2. TRATAMENTO GRÁFICO	37
3.3. DECISÃO	44
3.4. PRODUÇÃO	45

---

<b>4. INCISÃO LASER</b>	<b>46</b>
4.1. EQUIPAMENTO LASER	46
4.2. CURVA DE CALIBRAÇÃO	47
4.3. ENERGIA DO LASER	50
A – POTENCIA DA FONTE	51
B – TEMPO DE EXPOSIÇÃO	51
C – ÁREA DO FEIXE	56
4.4. REALIZAÇÃO DE NOVAS INCISÕES	59
 <b>5. O QUE FOI FEITO</b>	 <b>60</b>
5.1. HISTORIAL	62
5.2. ENCOMENDAS REALIZADAS	62
5.3. MICROSCÓPIO ÓPTICO	63
5.4. NOVAS POTENCIALIDADES DE INCISÕES	63
5.5. DIAGRAMA DE DECISÃO	64
 <b>6. CONCLUSÃO</b>	 <b>66</b>
 REFERÊNCIAS	 67

---

**Nota:**

Todas as figuras não referenciadas foram realizadas ou capturadas durante a realização do estágio profissional.

---

# **“Incisão laser em rolos de silicone para aplicações decorativas na indústria cerâmica”**

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1. DECORAÇÃO NA CERÂMICA**

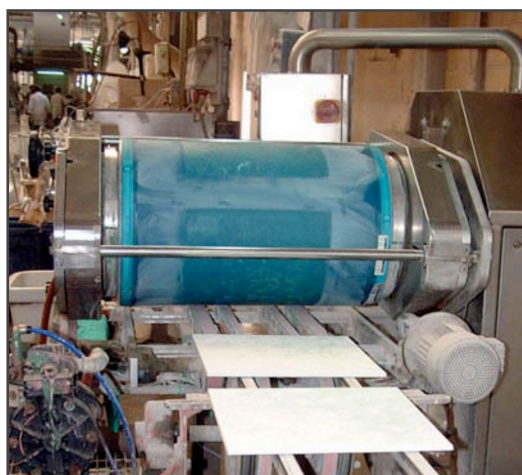
As peças de cerâmica mais antigas conhecidas por arqueólogos foram encontradas na ex-Chescolováquia, datando de 24500 a.C. Foram também encontradas no Japão, na área ocupada pela cultura *Jomon*, e no Brasil, na região da floresta Amazônica, peças cerâmicas de elevado valor com cerca de oito mil anos. Na China e Egito a cerâmica tem sensivelmente 5000 anos, salientando-se que no Egito a arte de vidrar é datada de 3000 anos a.C. Colares de faianças vidrados, estatuetas e amuletos são alguns dos exemplos de peças produzidas pelos egípcios. Outras manifestações importantes na história da cerâmica foram produzidas pelos babilônios e os assírios que produziam ladrilhos esmaltados em azul, cinza azulado e creme e ainda relevos decorados (século VI a.C.). Os persas iniciaram o fabrico de objectos em argila cozida de alto brilho e a produção de cores obtidas misturando óxidos metálicos, método utilizado ainda nos nossos dias. A cerâmica foi evoluindo até chegar aos nossos dias contando com a contribuição dos gregos, romanos, chineses, ingleses, italianos, franceses, alemães e norte-americanos [1].

A aplicação de vidrado a nível industrial teve início por volta de 1830, na Europa Central, tendo sido as peças vidradas reconhecidas como sinónimo de luxo e requinte durante muito tempo. Após a segunda Guerra Mundial houve um grande aumento da produção de revestimento cerâmico por consequência do desenvolvimento de novas técnicas de produção. Os preços baixaram, possibilitando a chegada do produto às várias classes sociais. Novas tecnologias, matérias-primas, formatos e desenhos foram

---

sendo desenvolvidos, originando a migração da cerâmica dos locais de aplicação tradicionais, casa de banho e cozinha, para outras partes da casa, expandindo-se ainda até edifícios públicos, como centros comerciais, aeroportos, hospitais, hotéis, etc. [1].

Nas últimas décadas foram dados grandes avanços na área da decoração em cerâmica, nomeadamente na área de produção de “Pavimento e Revestimento”. Neste segmento salientam-se os processos de serigrafia (sistema plano e rotativo, figura 1) e incavografia (com base na tecnologia ROTOCOLOR®, figura 2), que dominam ainda a actualidade daqueles que se consideram ser os métodos de decoração mais utilizados para a produção de pavimento e revestimento.



**fig. 1** – Processo de serigrafia: tela rotativa – COLORBLOCK® [1]



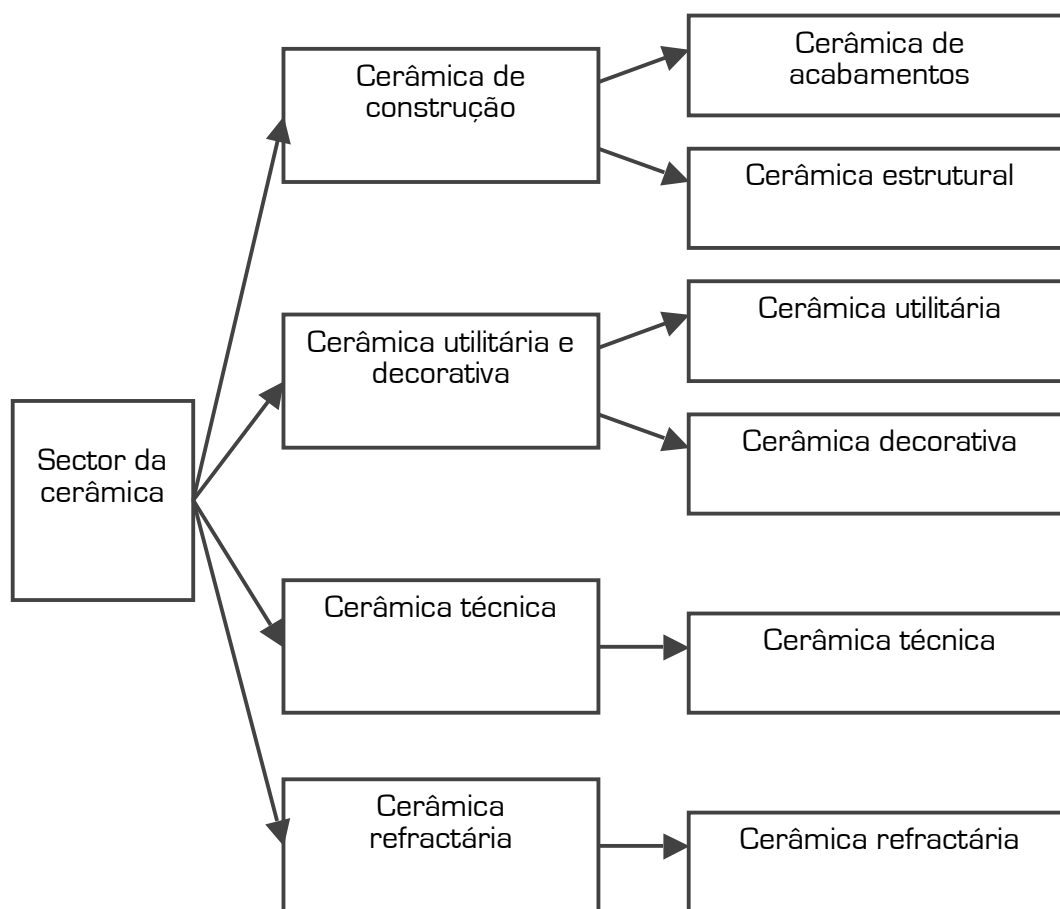
**fig. 2** – Processo de incavografia: matriz de silicone ROTOCOLOR® [1].



---

## 1.2. PAVIMENTO E REVESTIMENTO

A indústria cerâmica portuguesa assume-se como um sector de carácter tradicional na medida em que a argila, base de todo o processo, constitui uma matéria-prima que existe em qualidade e quantidade no solo português. Tendo em conta a diversidade de aplicações desta matéria-prima, a indústria cerâmica é constituída por vários segmentos produtivos, entre os quais a cerâmica de construção, mais especificamente a cerâmica de acabamentos, onde se integra o segmento dos Pavimentos e Revestimentos cerâmicos [2]. Na figura 3 estão representados os vários subsectores que constituem a indústria cerâmica em Portugal.



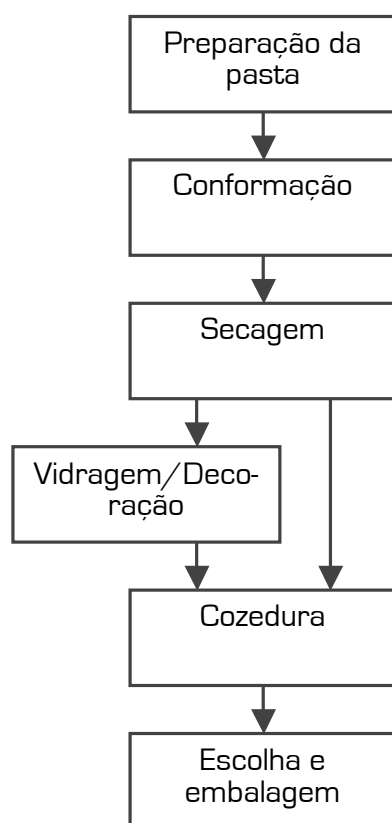
**fig. 3** – Classificação dos subsectores segundo a aplicação diferenciada de produtos.

O sector dos pavimentos e revestimentos cerâmicos, incluindo os produtos vidrados e não vidrados, integra todas as empresas industriais produtoras de azulejos (incluindo azulejos pintados à mão), ladrilhos, mosaicos e placas de cerâmica [3].

---

Devido à diversidade de processos produtivos, não se pode fazer uma descrição generalizada da indústria cerâmica no seu todo. O fabrico de artigos cerâmicos, no entanto, envolve um conjunto de processos básicos, típicos do sector [2]. Na figura 4 está representado o processo produtivo cerâmico onde se enquadra o segmento de decoração que é o ponto central deste trabalho.

Este sector sofre uma grande influência da moda, no que diz respeito a cores, padrões e estilos, o que implica uma necessidade de acompanhamento das tendências do mercado por parte dos produtores. Esta relação influencia também o ciclo de vida da maioria dos produtos deste sector, que atingem, no máximo, três anos. Apesar da pressão acentuada no desenvolvimento de novos produtos, a indústria nacional caracteriza-se por uma reduzida capacidade de inovação dos produtos, seguindo, de um modo geral, as tendências estabelecidas por *designers* internacionais, nomeadamente italianos [3]. O sector de pavimentos e revestimentos tem apresentado uma notável evolução tecnológica, o que permite uma oferta de produtos com padrões inovadores com dimensões e formas variadas



**fig. 4** – Esquema simplificado do processo produtivo típico na indústria cerâmica.

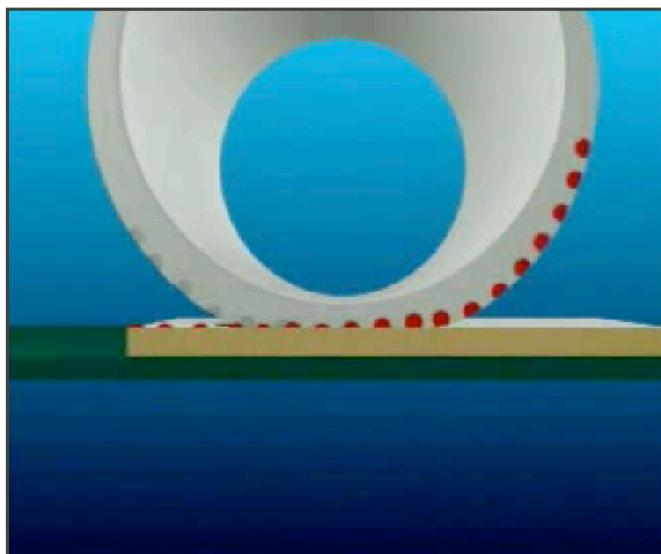
---

### 1.3. INCAVOGRAFIA

[**Nota prévia:** o termo *incavografia* foi encontrado em vários artigos, essencialmente de origem italiana e brasileira, durante a pesquisa realizada. Referindo-se ao processo de decoração com base na transferência de tinta através das cavidades incisadas numa matriz de silicone, a génese desta palavra tem por base o termo de origem italiana *cavo* que significa cavidade. Na ausência de um termo em português, recorreu-se a esta designação para identificar o processo de decoração em estudo.]

A incavografia é um processo de impressão que se baseia na transferência de tinta por contacto directo entre o rolo de silicone inciso e a peça cerâmica a ser decorada. A matriz de silicone comporta uma distribuição de buracos na sua superfície – baixo relevo, que reproduzem o motivo gráfico por transferência da tinta que os buracos comportam para o substrato cerâmico. A figura 5 ilustra o processo.

Este método de decoração é utilizado em larga escala pelas indústrias cerâmicas nacionais e internacionais, graças à sua versatilidade e funcionalidade. A interacção *laser* - silicone constitui o principal agente limitador deste método de decoração, sendo necessário otimizar e [re]inventar métodos de incisão *laser* que permitam obter resultados tanto mais específicos quanto maior for a sua exigência a nível do mercado cerâmico. A chave está no entendimento da relação existente entre a energia do *laser*, o silicone, a tinta utilizada e o substrato cerâmico.



**fig. 5** – Decoração por incavografia, transferindo-se a tinta do cilindro para o substrato [4].

---

## 2. DECORAÇÃO POR INCAVOGRAFIA

O conceito de incavografia foi concebido por *Franco Stefani*, fundador da *System*. Resultado de uma intensa actividade de pesquisa surgiu o novo conceito de impressão e o desenvolvimento de máquinas de impressão e acessórios (cilindros de silicone) que o suportam – sistema *ROTOCOLOR®*. Impondo novos padrões de qualidade e produtividade, esta tecnologia, constitui desde 1994, o sistema de decoração de cerâmicos de pavimento e revestimento mais difundido no mundo [4].

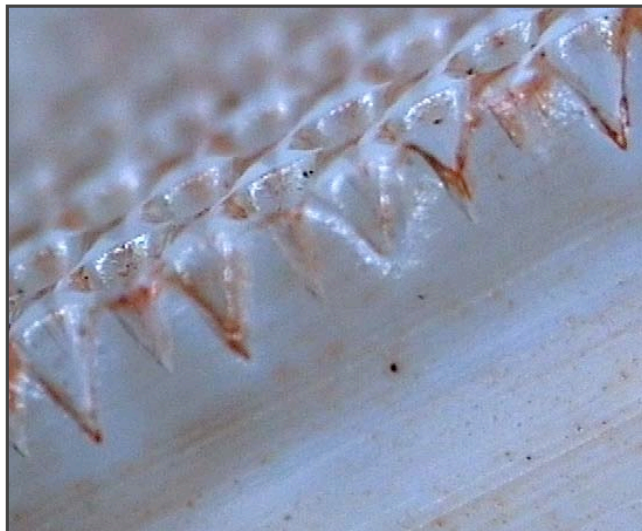
Recentemente, após a expiração das patentes relativas à máquina de impressão e ao cilindro, têm surgido novas marcas, que, com base no mesmo conceito, exploram o mercado da decoração ainda que a principal facção continue a ser controlada pela *System*.

### 2.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

Um cilindro revestido por uma fina camada de silicone é sujeito à energia de um *laser*, que, coordenado por um sistema *laser* apropriado (*hardware*, *software* e *know-how*) origina na superfície do cilindro uma distribuição ordenada de pequenas incisões. A incidência do *laser* no silicone provoca a destruição das suas ligações químicas, “cavando” um buraco que é caracterizado por um determinado volume, como se pode observar na figura 6. Os parâmetros geométricos do alvéolo criado, figura 7, reflectem todas as variáveis inerentes ao processo como por exemplo o ângulo, área e potência do feixe laser, resiliência e dureza do tipo de silicone, tempo de exposição ao laser, etc.

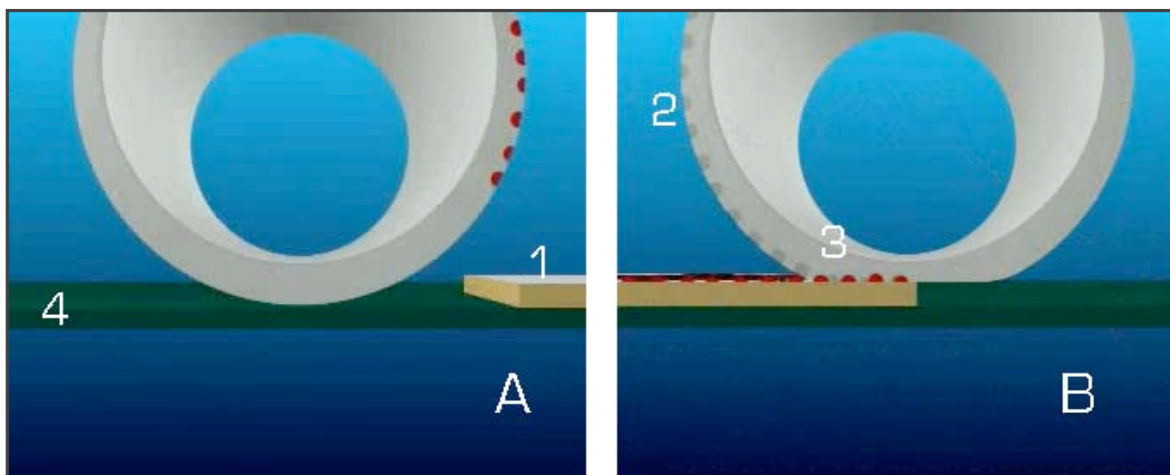


**fig. 6** – Vista frontal ampliada dos alvéolos gravados na superfície externa de silicone do cilindro [4].



**fig. 7** – Vista lateral ampliada dos alvéolos gravados na superfície externa de silicone do cilindro.

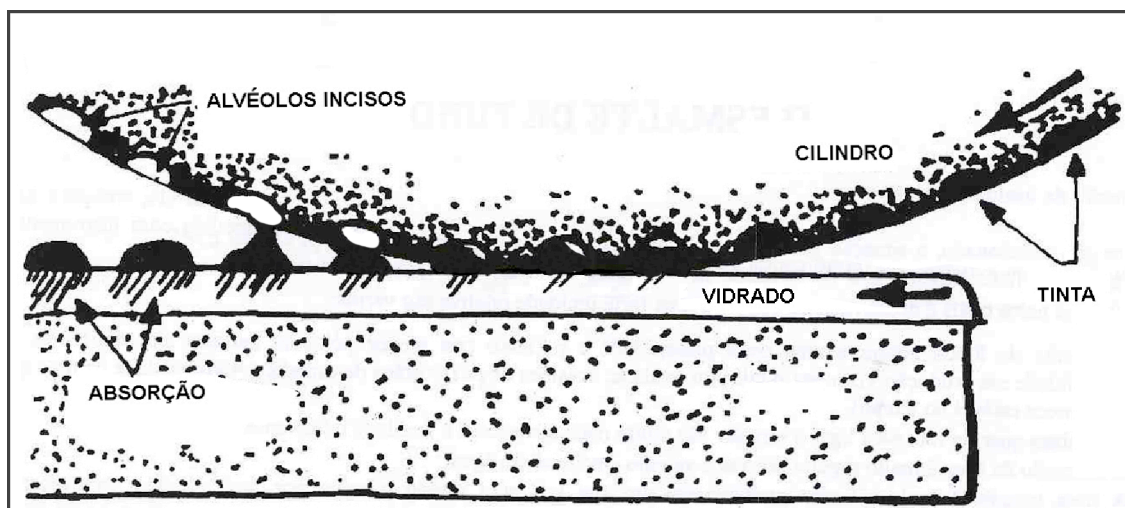
Os alvéolos criados na superfície do cilindro, também designado por rolo, contêm no seu interior a tinta que deve ser transferida para a superfície da peça a decorar, como se pode observar na figura 8. A distribuição e a dimensão do alvéolo são responsáveis pela reprodução do motivo pretendido.



**fig. 8** – Transferência da tinta existente nos alvéolos para a peça [A B]:  
1 – mosaico; 2 – cobertura de silicone composta várias cavidades; 3 – deformação elástica da superfície e transferência da tinta; 4 – tapete móvel [4].

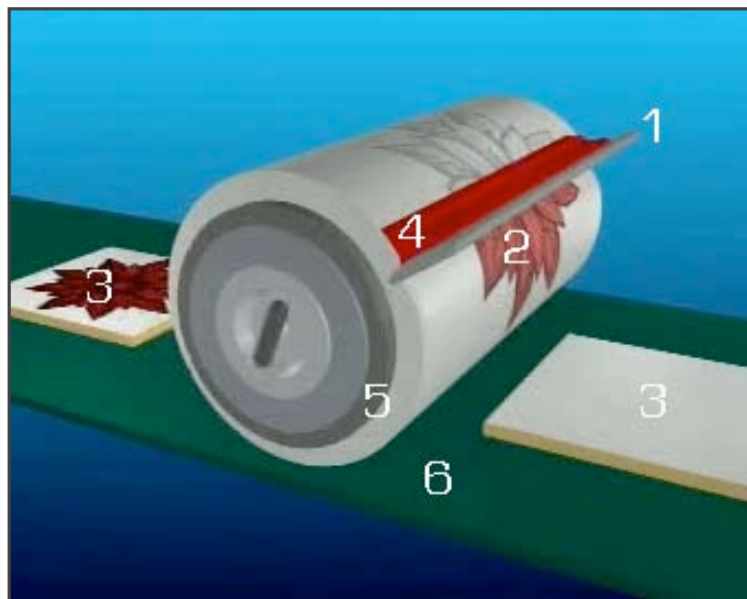
A tinta que se encontra no exterior do cilindro em rotação é carregada para o interior dos alvéolos por acção de uma espátula que remove simultaneamente o excesso de tinta antes do contacto do cilindro com a peça cerâmica. Apenas a tinta existente no interior dos alvéolos é transferida para a peça.

Esta transferência da tinta para a superfície da peça ocorre por acção da pressão exercida pelo rolo no próprio substrato que garante o contacto da tinta com a superfície a decorar. Essa superfície, porosa, absorve a tinta fixando-a na peça a decorar. Ao entrar em contacto com a superfície uma pequena parte da tinta é absorvida por capilaridade determinando uma força de fixação que permite a saída da maior parte da tinta existente no alvéolo. Este fenómeno está esquematizado na figura 8.



**fig. 9** – Transferência da tinta existente nos alvéolos para a peça devido ao fenómeno de absorção.

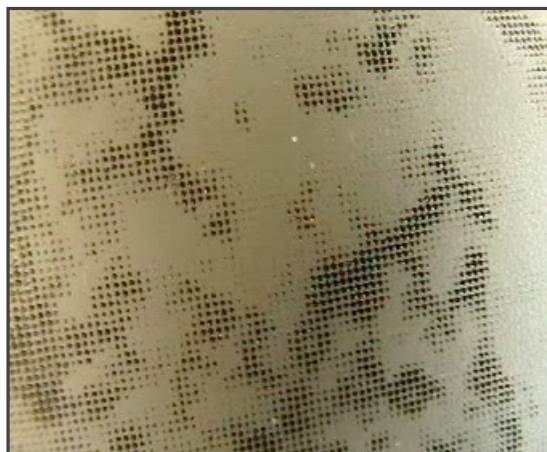
Caracterizada pelo facto de a aplicação do motivo decorativo ser executada à mesma velocidade do movimento da peça cerâmica, este processo decorativo distingue-se das máquinas serigráficas tradicionais, oferecendo vantagens evidentes em termos de volumes de produção, manuseabilidade, definição gráfica, auto-limpeza, variedade do produto final, durabilidade, etc. O princípio de decoração encontra-se simplificado esquematicamente na figura 10.



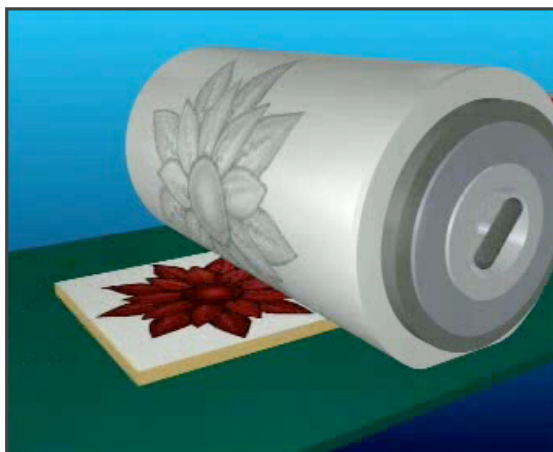
**fig. 10** – Representação esquemática do princípio de decoração por incavografia [1 - espátula; 2 - matriz; 3 - mosaico; 4 - tinta; 5 - cilindro rotativo; 6 - tapete móvel] [4].

## 2.2. O CILINDRO

Funcionando como suporte da matriz que se pretende repetir, o cilindro constitui a base de todo o processo decorativo realizando a impressão sobre o substrato cerâmico. Essa matriz, figura 11, consiste num conjunto de pequenos alvéolos, que, de acordo com as suas características geométricas e distribuição à superfície, originam uma distribuição de tinta sobre a peça permitindo a realização do motivo decorativo, figura 12.



**fig. 11** – Matriz decorativa na superfície de um rolo de silicone [4].



**fig. 12** – Impressão do motivo decorativo [4].

É constituído por uma rede interna metálica que lhe confere a forma. Esta estrutura é revestida por uma camada de espuma que é finalmente coberta por uma última camada de silicone, figura 13. As propriedades do silicone garantem uma superfície lisa e elasticamente deformável que permite a criação de alvéolos incisos a *laser*. A espuma da camada subjacente permitem o contacto da matriz com o substrato devido à sua capacidade de adaptação figura 14. Esta adaptação é fundamental para garantir a transferência da tinta.

Os cilindros, são classificados e identificados com base na sua dureza e nas suas dimensões, uma vez que são estas as características responsáveis pela escolha de um determinado tipo de cilindro para a realização de um determinado tipo de trabalho.



**fig. 13** – Camada de silicone de revestimento do cilindro [4].





**fig. 13** – Adaptação e contacto da matriz com o substrato cerâmico [4].

### 2.2.1. DUREZA

Desenvolvido em 1920 pelo fabricante de instrumentos *Albert F. Shore*, o durómetro *Shore*, representado na figura 15, é amplamente utilizado na medição da dureza de polímeros, elastómeros e borrachas. O método consiste em medir a profundidade da impressão deixada no material com a aplicação da carga. Existem diversas escalas utilizadas em materiais com propriedades diferentes. As mais comuns são a *A* e *D*, sendo a *A* utilizada em plásticos macios e a *D* em plásticos rígidos.

A tecnologia ROTOCOLOR® possui vários tipos de cilindros com silicones de diferentes naturezas, caracterizados pelo fabricante através da medida da dureza. As durezas características dos cilindros padrão estão representadas na Tabela I. Estes valores são meramente indicativos e funcionam como padrão de selecção.



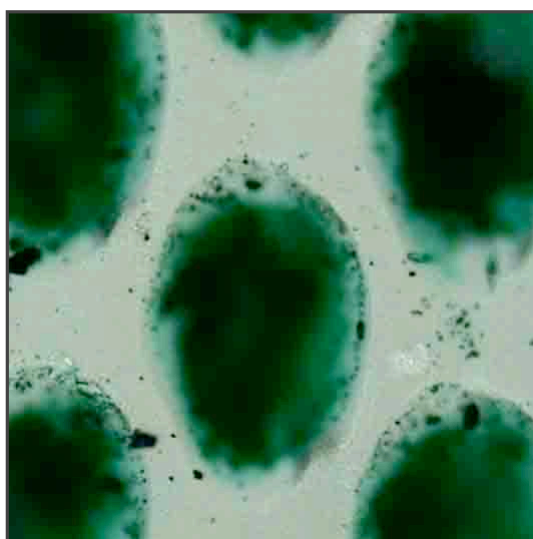
**fig. 15** – Medição da dureza com durómetro de *Shore*.

---

**TABELA I** – Durezas características de cilindros padrão.

Identificação	Dureza (Shore)
T1	17 – 21
INT	14 – 18
SS	3 – 7

A dureza característica de um rolo influencia directamente o resultado da incisão *laser* e da impressão sobre a peça. O silicone mais duro reflecte melhor a precisão da incisão *laser* e utiliza-se quando se pretende obter uma boa definição gráfica [o alvéolo é mais perfeito após a gravação e não se deforma durante o contacto com a peça]. Em contrapartida o silicone menos duro terá uma impressão menos definida mas adornará melhor o substrato cerâmico, sendo utilizado muitas vezes na realização de *cunhos estruturados*, isto é, peças cerâmicos com relevo superficial. Nas figuras 16 e 17 estão representados dois cilindros de durezas distintas, T1 e SS, respectivamente, ambos sujeitos à mesma incisão. Os alvéolos resultam em ambos os casos da mesma incisão, ou seja, dos mesmos parâmetros de gravação LASER, pelo que as diferenças identificadas estão à partida relacionadas como a dureza do cilindro. É fundamental que o tipo de silicone seja seleccionado de acordo com o trabalho a ser realizado para garantir a sua correcta realização.



**fig. 16** – Alvéolo gravado em T1 [15 shore].

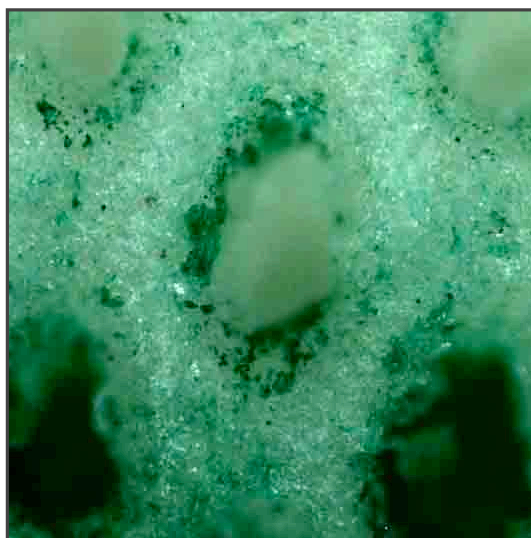


fig. 17 – Alvéolo gravado em SS [5 shore].

### 2.2.2. DIMENSÕES

Existem três formatos padrão diferenciados pela sua área de impressão ( $A_i$ ). A escolha de um cilindro com determinadas dimensões é efectuada de acordo com o motivo e a dimensão da peça a decorar. Os cilindros são identificados como 720, 1440 e 1440-LL, de acordo com as dimensões do perímetro ( $P$ ) e altura ( $h$ ). A tabela II representada a identificação .

**TABELA II** – Dimensões dos cilindros, altura ( $h$ ) e perímetro ( $P$ ) e respectivas áreas de impressão ( $A_i$ ).

Identificação	$h$ (m)	$P$ (m)	$A_i$ (m <sup>2</sup> )
720	0,640	0,720	0,4464
1440	0,640	1,440	0,8928
1440-LL	0,740	1,440	1,0368

---

### 2.2.3. DURAÇÃO

A duração dos cilindros ROTOCOLOR® é afectada por uma enorme quantidade de parâmetros do processo, entre os quais:

- Rugosidade da superfície do vidro de fundo (a aplicação do vidro por campânula resulta numa superfície de vidro mais lida do que a resultante da aplicação por disco ou jacto);
- Dimensões das partículas das pastas serigráficas (partículas muito grossas, de elevadas dimensões comparativamente ao padrão, aumentam a abrasão do cilindro);
- Pressão de impressão sobre a peça a decorar (quanto maior a pressão, maior o atrito e consequentemente maior o desgaste);
- Pó do vidro (as partículas de vidro de fundo provenientes da peça a decorar que se fixam ao cilindro e se misturam com a pasta serigráfica, apresentam normalmente dimensões elevadas que aumentam o atrito entre o rolo e a espátula. Este pó incrementa também a fricção entre o cilindro e a peça a decorar. Neste aspecto a humidade relativa do vidro assume preponderância funcionando como lubrificante, uma vez que o silicone apresenta características hidrofóbicas);
- Pressão da espátula (a pressão ideal de trabalho será a suficiente para manter o cilindro limpo e sem cor em excesso. Se a pressão for excessiva o tempo de vida do rolo diminui);
- Tipo de cilindro (os cilindros T1, INT e SS apresentam resistências à abrasão bastantes distintas. O SS é o caso mais crítico, podendo, em caso de ficar a rodar na máquina sem tinta e em contacto com a espátula, diminuir o seu tempo de vida para 5000 a 10000m<sup>2</sup>);
- Zona de impressão no cilindro (um cilindro que imprima em modo centrado terá um tempo de vida inferior a uma que imprima em toda a

---

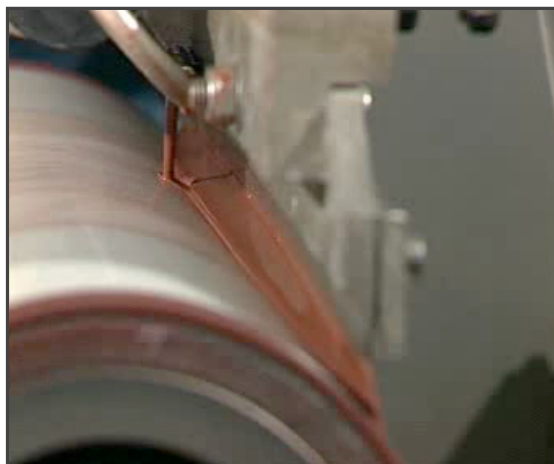
largura e comprimento, uma vez que a zona de contacto com o cilindro é mais ampla];

#### **2.2.4. LIMPEZA**

Imediatamente após a incisão dos cilindros, é necessário proceder à sua limpeza cuidadosa. A incisão *laser* queima o silicone originando pó que tende a permanecer no interior dos alvéolos. Este silicone constitui um obstáculo para o carregamento da tinta por acção da espátula. Esta limpeza é realizada com os cilindros em rotação na máquina de impressão, com água ou álcool. No caso de incisões mais profundas os cilindros devem ser lavados utilizando-se um jacto de água de alta pressão, tendo sempre em atenção a integridade da superfície de silicone.

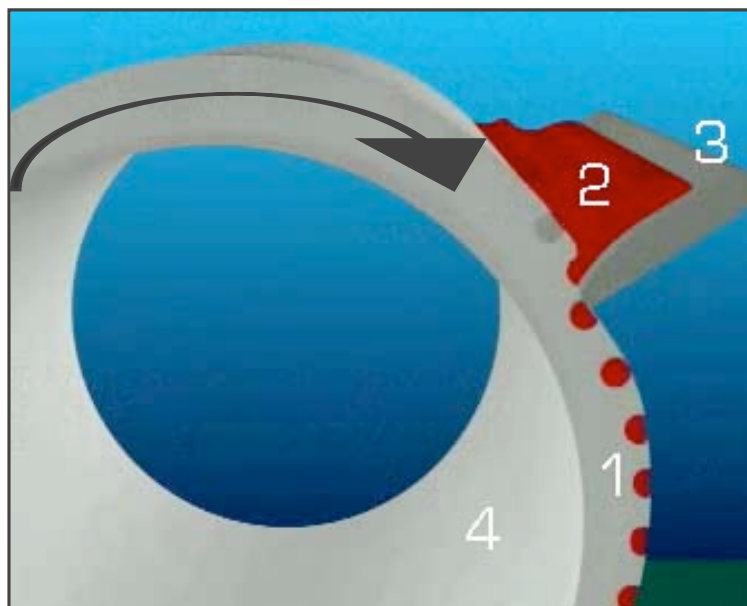
#### **2.3. ESPÁTULA**

A espátula é uma lâmina colocada no sentido longitudinal relativamente ao cilindro, com inclinação variável, que exerce uma pressão predeterminada e doseada sobre a superfície externa do cilindro com funções de limpar a superfície da matriz, removendo dela as impurezas eventualmente presentes, e renovar o esmalte permitindo-lhe a mistura contínua, figura 18.



**fig. 18** – Acção da espátula sobre o cilindro [4].

Como se encontra em contacto directo com o cilindro, efectua o carregamento da pasta serigráfica nos alvéolos, limpando, simultaneamente, toda a superfície que não foi sujeita a gravação *laser*, figura 19.



**fig. 19** – Sistema de carregamento e auto-limpeza realizado pela espátula:  
1 - alvéolos; 2 - tinta; 3 - lamina; 4 - revestimento de silicone [4].

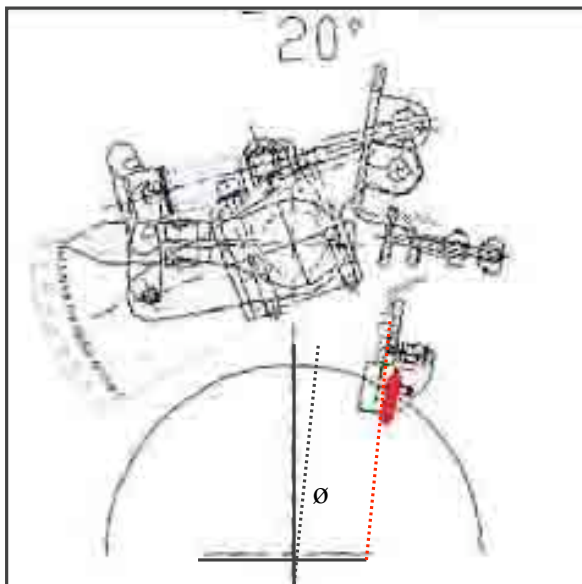
### 2.3.1. PRESSÃO

A pressão exercida pela espátula sobre o rolo é um dos parâmetros que mais influencia a qualidade da impressão. Quanto maior a pressão exercida, mais eficaz será a limpeza do rolo mas pior será a qualidade de impressão. Isto acontece porque quanto maior for a pressão exercida, maior será a deformação da superfície do rolo que levará a espátula a retirar pasta serigráfica do interior dos alvéolos, ficando estes menos cheios, originando um défice de tinta. Em contrapartida, se a pressão for insuficiente para garantir a limpeza das zonas não incisadas, estas podem efectuar transferência de tinta para a peça, criando zonas de impressão não intencionais.

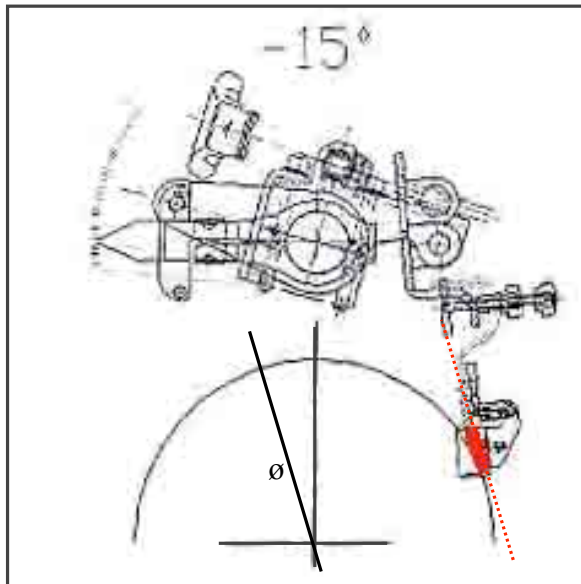
### 2.3.2. ÂNGULO

Alterando o ângulo de contacto entre a espátula e a superfície do rolo obtém-se diferentes resultados de impressão. Se a espátula estiver orientada de uma forma incisiva sobre o rolo, *ângulos positivos*, figura 20, a limpeza é mais eficaz e a impressão de menor qualidade porque o contacto é realizado por acção das bordas da lamina. Se a espátula estiver orientada com *ângulo negativo*, figura 21, a limpeza é menos eficaz e o

carregamento dos alvéolos melhorado, isto porque esta orientação da espátula origina uma banda de contacto entre a espátula e o rolo o que garante uma maior zona de carregamento.



**fig. 20** – Espátula com ângulo [ $\theta$ ] de incidência positivo [2].



**fig. 21** – Espátula com ângulo [ $\theta$ ] de incidência negativo [2].

### 2.3.3. DURAÇÃO

No que se refere ao tempo de vida das espátulas, assim como da duração dos cilindros – ver 2.2.3 – a avaliação deve ser realizada em metros quadrados de azulejos produzidos. No caso das espátula de aço inoxidável com bordos chanfrados, o consumo é avaliado visualmente pelo desgaste da espessura do bordo. Nas restantes (sem bordo chanfrado) a avaliação da duração realiza-se analisando a qualidade de impressão. Se garantir uma boa limpeza do cilindro, um bom carregamento dos alvéolos e uma consequente boa qualidade de impressão, a espátula encontra-se em boas condições de utilização resistindo aproximadamente 5000m<sup>2</sup>. Não tendo bordo chanfrado, a espátula pode ser utilizada em ambos os lados. A vida de uma espátula de aço inoxidável com bordos chanfrados, figura 22, pode variar de 5000m<sup>2</sup> a 40000m<sup>2</sup>.

De um modo geral, consideram-se os seguintes parâmetros como principais agentes sobre a duração de uma espátula:

- Distribuição granulométrica das partículas das pastas serigráficas ( $\phi_{partículas} \leq 43\mu\text{m}$  - para uma correcta dimensão das partículas o resíduo obtido num peneiro #325 deve ser nulo);

- 
- b) Quantidade [%] de óxidos corantes presentes na pasta serigráfica (a elevada dureza destes elementos transforma a tinta num agente mais abrasivo);
  - c) Tipo de incisão presente no cilindro (incisões que apresentem dimensões médias de alvéolos inferiores originam um desgaste superior da espátula que exerce uma maior pressão para efectuar o carregamento);
  - d) Partículas de vidro da peça a decorar (algumas partículas grosseiras do vidro de fundo, uma vez recolhidas pelo cilindro ROTOCOLOR®, são misturadas com a pasta serigráfica quando passam pela zona de carregamento, aumentando o atrito entre a espátula e o cilindro);
  - e) Pressão de trabalho da espátula (quanto maior a pressão exercida, maior o desgaste e consequentemente menor a duração) ;



**fig. 21** – Sistema de duas espátulas com bordo chanfrado [4].

A

As espátulas podem ser utilizadas em conjuntos de duas para otimizar o enchimento e colocadas em várias posições, relativamente ao rolo, de acordo com o trabalho a realizar.



---

## 2.4. A MÁQUINA ROTOCOLOR®

As máquinas ROTOCOLOR® permitem a integração dos cilindros em linhas de produção. Existem vários modelos distintos, mas trabalham todos com base no mesmo princípio. A estrutura da máquina possibilita o funcionamento de vários cilindros em simultâneo, existindo desde máquinas que trabalham com um simples rolo até às que trabalham com um conjunto de oito rolos, figura 22. Em Portugal a indústria privilegia as máquinas de 4 e 5 cabeças.

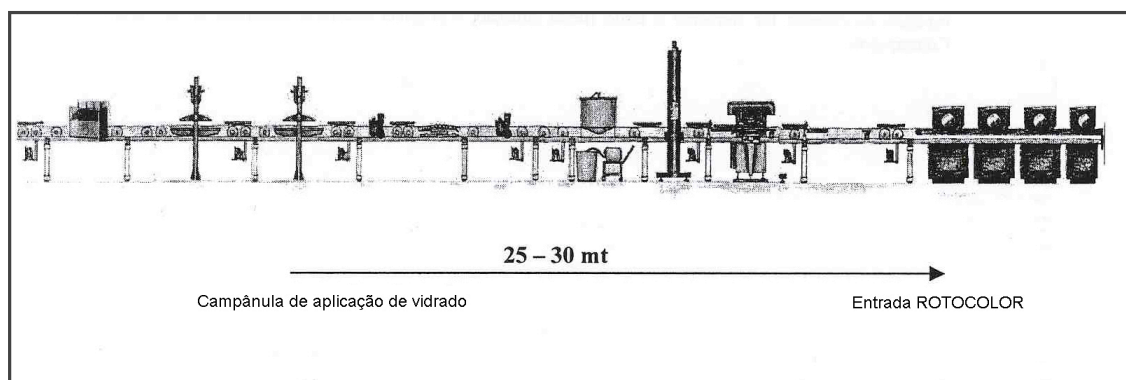


**fig. 22** – Máquina de ROTOCOLOR® integrada em linha de produção [4].

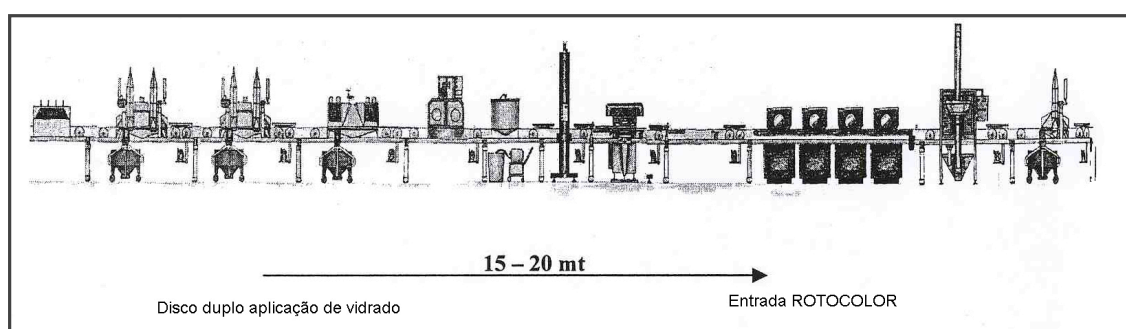
### 2.4.1. POSICIONAMENTO

Para inserir a máquina de numa linha de vidragem, é necessário considerar qual é a condição do vidro de fundo presente na peça na altura da impressão. A posição ideal para o posicionamento da máquina será na zona onde o vidro de fundo acabou de secar e se encontra no estado sólido, retendo ainda humidade no seu interior. Um posicionamento mais deslocado para o final da linha induz o processo a uma situação em que o vidro poderá já estar muito seco originando vários problemas produtivos.

Em linhas gerais, podem-se esquematizar dois *layouts* relativos ao posicionamento da(s) máquina(s): um para o caso de uma tradicional linha de revestimento, figura 23; e outro para o caso de uma tradicional linha de pavimento, figura 24.



**fig. 23** – Localização da máquina numa linha de produção de revestimento [2].



**fig. 24** – Localização da máquina numa linha de produção de pavimento [2].

A diferença de posicionamento, relativamente a este caso concreto, diz respeito à quantidade de vidro aplicado por cada um dos processos indicados. A aplicação de vidro por campânula pressupõe uma maior quantidade de vidro depositado e consequentemente um maior período de secagem, pelo que a distância à zona de aplicação do vidro será maior.

A decoração através do sistema de incavografia é mais eficaz nas peças sujeitas a vidragem por campânula uma vez que a camada de vidro depositada origina uma superfície lisa e uniforme, favorecendo a transferência homogênea de tinta.

## 2.4.2. MODOS OPERACIONAIS

De acordo com o tipo de desenho que se deseja reproduzir e do efeito cerâmico desejado pode-se seleccionar o sistema operacional com o qual a máquina

---

ROTOCOLOR® pode operar. Assim, encontram-se à disposição do operador os seguintes modos operacionais:

a) MODO *RANDOM*

A superfície do cilindro está completamente incisa e o motivo apresenta continuidade em todo o perímetro. Seleccionando o modo *random* no menu de programação da máquina o cilindro roda continuamente, sendo o contacto da peça casual. São impressas partes distintas do motivo na peça e, podendo-se controlar a velocidade de rotação de cada cilindro, obtém-se uma sobreposição de cores aleatória. Este sistema de impressão é particularmente adequado para reproduzir desenhos do tipo matizados ou rústicos.

b) MODO SINCRONIZADO

Neste modo a superfície do cilindro encontra-se completamente incisa à semelhança do modo *random*. A velocidade de rotação de cada cilindro é a mesma e imposta pela primeira cabeça da máquina. Desta forma as sobreposições entre cada uma das cores são mantidas entre cada peça, obtendo-se um encaixe entre os vários motivos. Este modo de utilização é utilizado para se reproduzir desenhos que pretendem a imitar pedras naturais.

c) MODO CENTRALIZADO

O mesmo cilindro pode possuir 1, 2 ou 3 matrizes das mesmas dimensões da peça que se pretende decorar. A impressão ocorre sempre na mesma posição da peça pois em cada cilindro é controlado o tempo de entrada da peça. É um modo de trabalho que se assemelha aos tradicionais sistemas de impressão em que ocorre um encaixe entre a matriz e a peça.

É usado para reproduzir motivos geométricos.

d) MODO *UP & DOWN* (IMPRESSÃO ALTERNADA)

Este modo de impressão é compatível com os três modos descritos anteriormente. Este sistema prevê a exclusão da impressão de um ou mais cilindros devido ao seu deslocamento vertical (não existe contacto entre o rolo e a peça).

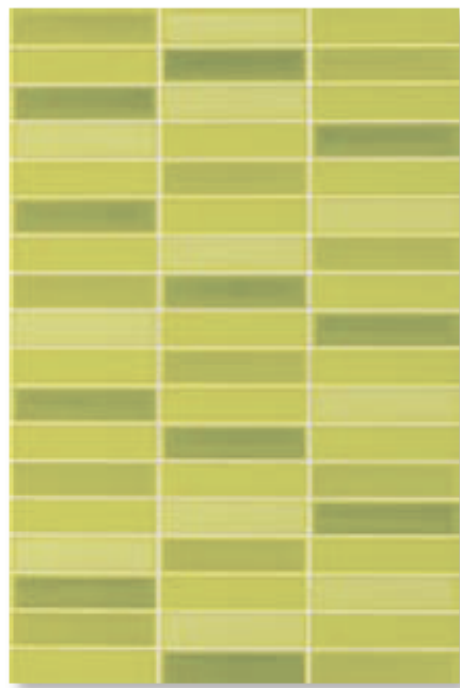
---

### 3. REALIZAÇÃO DE UM TRABALHO POR INCISÃO LASER

Na produção de pavimento e revestimento cerâmico é cada vez mais habitual a decoração através da deposição de uma considerável camada de vidrado. Esta camada pode contemplar a cobertura total da peça ou apenas a impressão em zonas muito concretas e delimitadas. A aplicação de vidrado por campânula, disco ou jacto não permite a decoração selectiva de zonas da peça pelo que impõe uma limitação tanto técnica como estética no desenvolvimento de determinados produtos cerâmicos. O desenvolvimento da técnica de decoração por incavografia permite a aplicação de vidrado quer na totalidade da superfície quer em zonas extremamente diferenciadas. A figura 25 representa um azulejo decorado por campânula onde se verifica uma total e homogénea cobertura da sua superfície. Na figura 26 verifica-se que a decoração foi realizada apenas nalgumas zonas específicas (rectângulos verdes em várias tonalidades). Este efeito foi conseguido através da decoração por incavografia.



**fig. 25** – Azulejo decorado por campânula – decoração total da superfície.

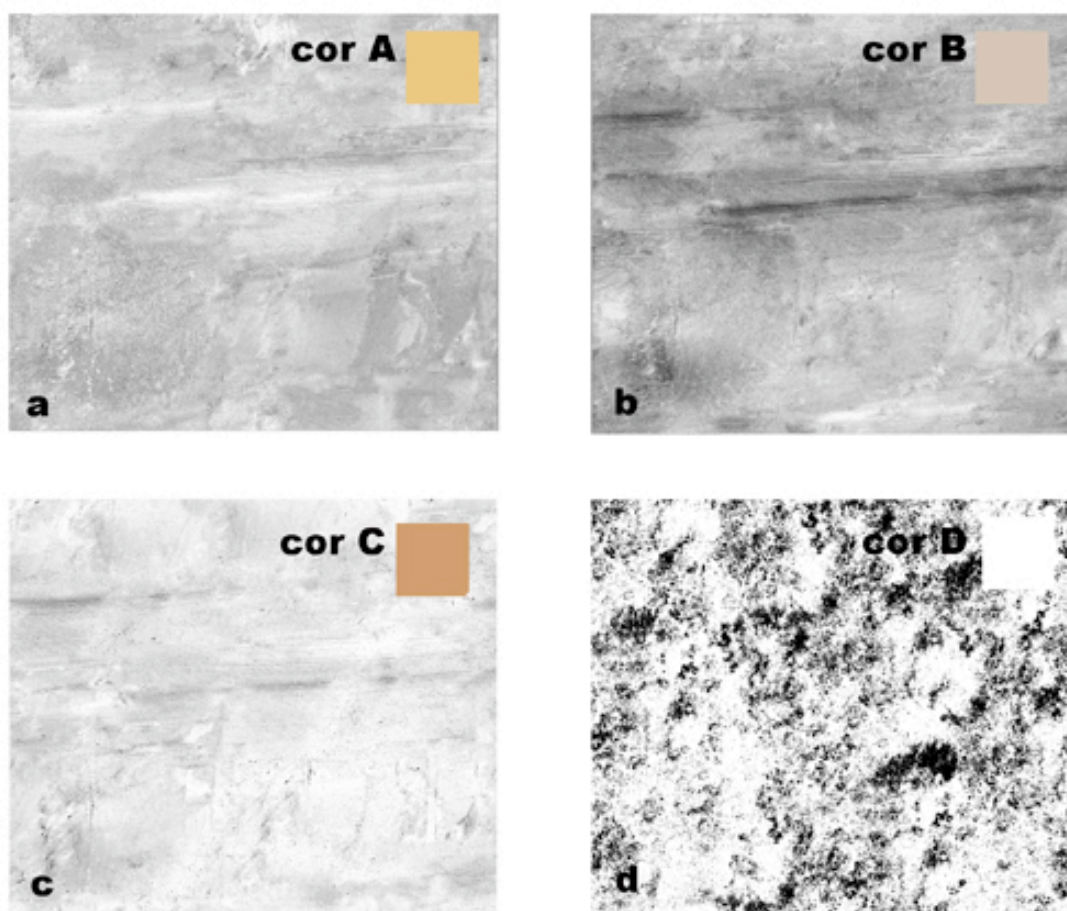


**fig. 26** – Azulejo decorado por incavografia – decoração zonas específicas.

---

Para o desenvolvimento da técnica de incavografia é necessário conhecer as variáveis que influenciam o processo, quer do ponto de vista dos materiais utilizados [vidrado e aditivos] quer dos equipamentos utilizados no processo de decoração. A realização gráfica de um motivo constitui o objectivo do processo de incisão. Esta deverá concretizar qualquer motivo, transferindo-o, através da matriz incisa no cilindro, para a peça a decorar.

Os produtos realizados por incavografia são normalmente obtidos pela deposição sucessiva de várias camadas que no seu conjunto originam a imagem final. A sobreposição de várias camadas de tinta possibilita a deposição de várias cores em diferentes zonas da peça. Na figura 27 encontram-se quatro desenhos que estão na base das matrizes gravadas no cilindro de silicone. Cada imagem representada é transferida para um rolo por acção da incisão laser. Neste exemplo, o trabalho representado será realizado por quatro impressões sobre a mesma peça. Outros trabalhos poderão usar mais ou menos cilindros de acordo com a exigência do produto.



**fig. 27** – Imagens parciais das camadas a,b,c e d que constituem o produto (imagem gerada por computador).

---

Na linha de produção, de acordo com a opacidade das tintas utilizadas, a ordem pela qual os cilindros decoram a peça é importantíssima para o controlo da imagem final obtida. Alterando a ordem dos rolos surge uma alteração no produto final. No caso da figura 27 a ordem de impressão coincide com a ordem alfabética enunciada [a, b, c e d]. Na figura 28 é apresentado o resultado da decoração da peça com as imagens apresentadas na figura 27. Esta imagem corresponde a uma simulação do produto final (sobreposição das imagens individuais).



**fig. 28.** – Decoração por incavografia: Produto final resultado da sobreposição das camadas a,b,c e d realizado com as respectivas cores que se encontram ilustradas na figura 27.

A qualidade da impressão sobre uma superfície lisa é superior à qualidade da mesma impressão sobre uma superfície estruturada ou irregular. Quando aplicado por campânula, o vidro origina uma superfície mais lisa e regular garantindo o contacto total entre o cilindro e toda a superfície da peça. Tal não acontece no caso da aplicação do vidro por disco ou jacto podendo-se verificar a formação de ligeiras falhas de impressão. Estas falhas correspondem a zonas onde o contacto entre o rolo e a peça não aconteceu. Normalmente consideradas como um defeito, as falhas podem funcionar propositadamente como feitiço de acordo com a imaginação do criador.

Dada a diversidade de motivos decorativos, cada produto é considerado como único, exigindo por isso um estudo prévio das suas características. O esquema representado na figura 29 representa a sequência dos passos fundamentais a cumprir para a correcta realização de um determinado produto. Nos pontos que seguem o esquema realiza-se a análise do mesmo.

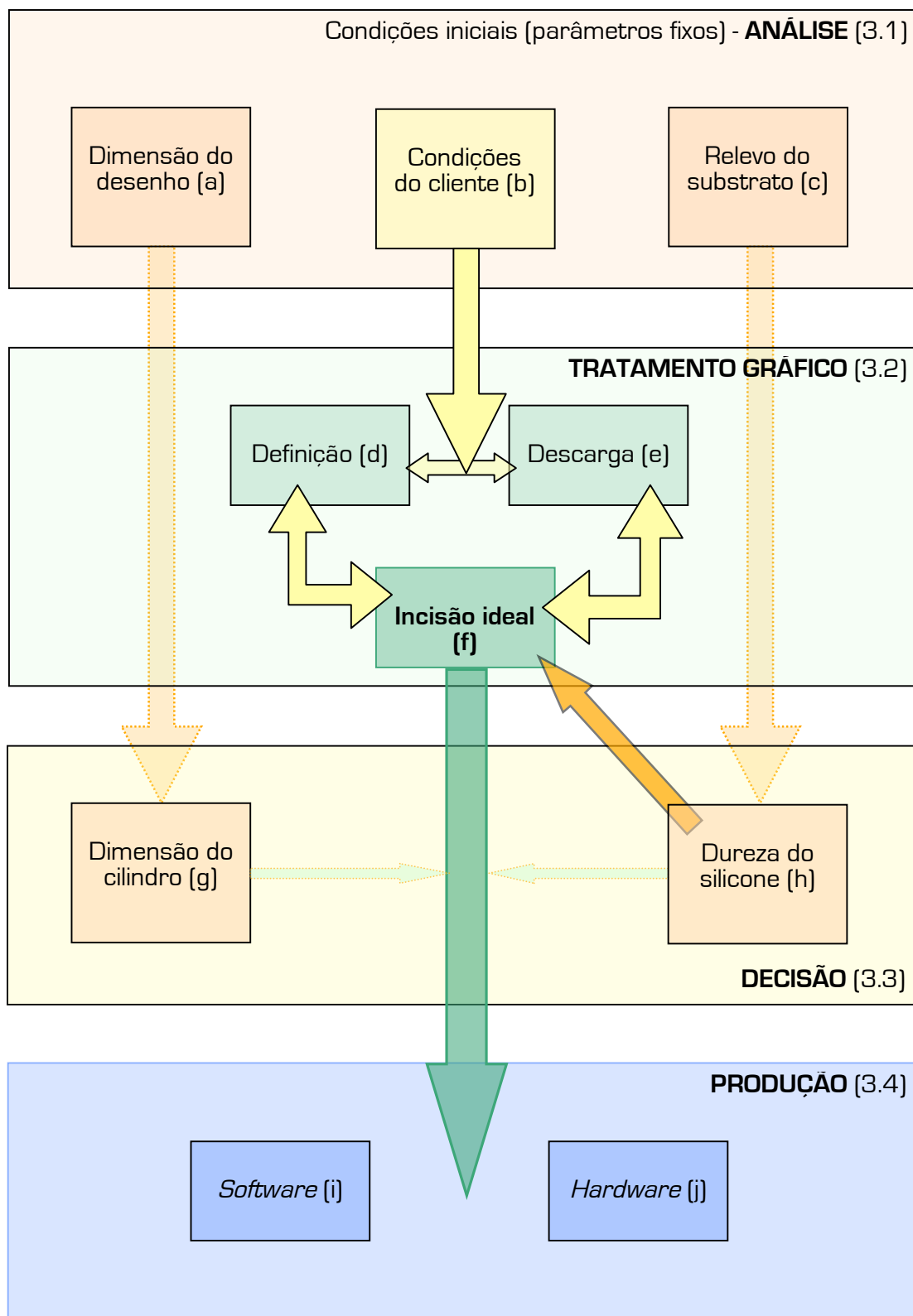


fig. 29 – Esquema base de realização de um trabalho de incisão: tomada de decisão

---

### 3.1. ANÁLISE DO DESENHO QUE SE PRETENDE REALIZAR

Quanto mais completa for a análise a efectuar mais fácil será a realização do trabalho. O objectivo desta análise inicial é “visualizar” exactamente o produto que se pretende obter para que se possa efectuar a correcta escolha da incisão, do tipo de cilindro e se proceda aos ajustes dos ficheiros que estão na base da matriz. De acordo com o esquema anterior, salientam-se os factores condicionam a realização do trabalho desde a sua fase inicial.

#### A – DIMENSÃO DO DESENHO

Como já foi referido no subcapítulo 2.2.2. (Dimensões dos cilindros) existem várias dimensões padronizadas de cilindros. A análise dimensional deve apontar não só para as dimensões do produto a realizar como também para o modo de funcionamento da máquina de impressão. As dimensões do rolo devem ser, evidentemente, superiores às dimensões da peça, atendendo-se sempre às limitações físicas do processo.

#### B – CONDIÇÕES DO CLIENTE

Cada cliente condiciona a realização do trabalho de acordo com os seus parâmetros. As condições da linha de produção e o tipo de produto determinam qual das características – definição ou descarga – é preferencial para a produção do rolo.

#### C – RELEVO DO SUBSTRATO

Enquanto alguns trabalhos são realizados em superfícies lisas, outros são realizados em perfis com relevos. Na maior parte dos casos o relevo na peça surge como um dos efeitos estéticos que é usado para aproximar o produto cerâmico do motivo natural que se pretende imitar. Exemplos disso são os trabalhos que pretendem imitar madeiras, pedras, calçadas. etc.

A figura 30 ilustra o perfil de dois substratos, um com relevo {x} e o outro liso {z}.



**fig. 30** – Ilustração de um perfil com relevo {x} e de um liso {z}.



---

## 3.2. TRATAMENTO GRÁFICO

Este processo utiliza actualmente programas com elevada capacidade gráfica, como o *Adobe Photoshop®* ou o *FreeHand®*, para garantir a manipulação eficaz de ficheiros que estão na base dos produtos cerâmicos a realizar. Estes programas permitem a adaptação dos ficheiros provenientes dos criadores para a máquina de incisão laser. Realiza-se nesta etapa a preparação do ficheiro da imagem subjacente ao produto.

De acordo com a definição e a descarga que são exigidas ao produto o ficheiro deve ter uma resolução adequada ao tipo de incisão. Quanto maior a definição da incisão maior deverá ser a resolução do ficheiro que lhe dará origem. As dimensões da impressão são também controladas nesta etapa ainda que possam ser rectificadas aquando do início da produção.

Em parceria com a máquina laser, este tipo de programas que possibilitam a manipulação gráfica abre as portas da diversidade à incavografia possibilitando ao operador a realização de um sem número de alterações gráficas que poderão resultar em produtos inovadores ou tradicionais.

### D – DEFINIÇÃO

A definição pode ser entendida como a qualidade da impressão. Está directamente relacionada com a quantidade de pontos impressos por unidade de área. Quanto maior o número de pontos, maior a definição. Quanto maior a definição mais facilmente se evidenciam os pormenores do desenho. A figura 31 ilustra a influência da definição no aspecto final da impressão.

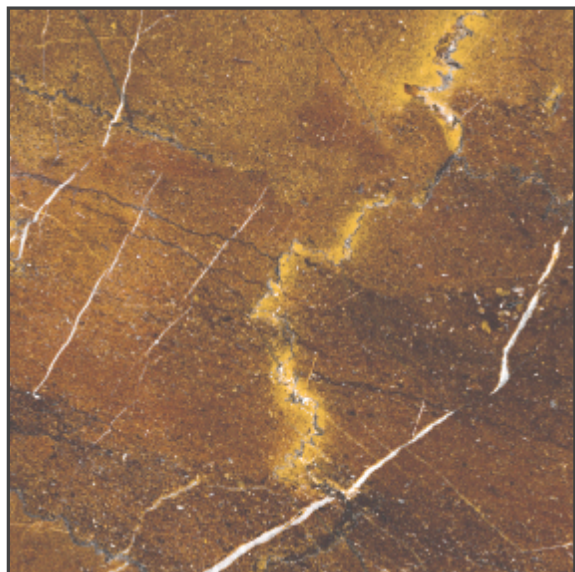


**fig. 31** – Influência da definição na qualidade da imagem. a) 100px/cm; b) 25px/cm; c) 5px/cm; d) 2px/cm.

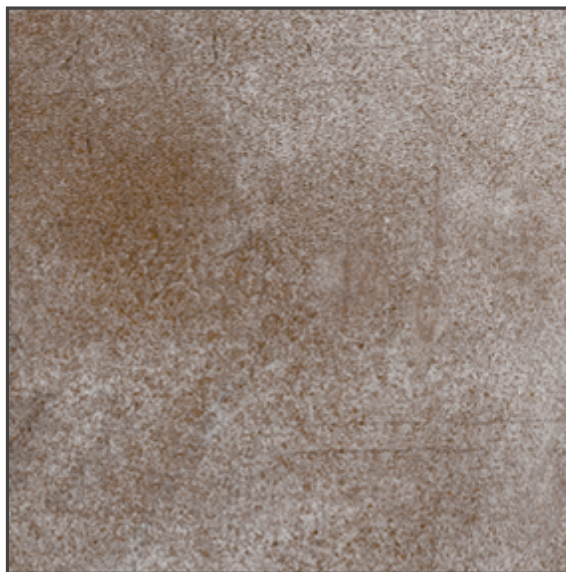
Como se pode observar, a diminuição da definição originada pela diminuição da resolução constitui efectivamente uma perda de detalhe sobre a imagem inicial.

---

Poder-se-á pensar que o ideal será sempre o máximo de definição mas na realidade tal não acontece. As figuras 32 e 33 apresentam dois tipos de desenhos em que a necessidade de definição é bastante diferente. No caso da figura 32, uma imitação de mármore, a definição deve ser elevada para se obter um detalhe máximo, nomeadamente para se conseguir realizar os finos veios e o gradiente de cor responsáveis pelo “movimento” da peça. Na figura 33, um rústico, a definição não é tão importante uma vez que desenho não o exige (vê-se apenas uma tonalidade).



**fig. 32** – Mármore: alta definição, variação de tonalidade das cores [imagem gerada por PC].



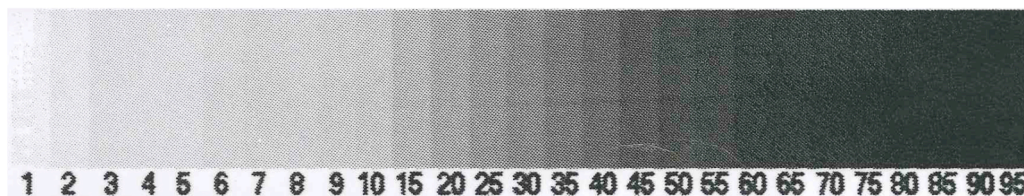
**fig. 33** – Rústico: baixa definição, apresenta uma só tonalidade [imagem gerada por PC].

## **E - DESCARGA**

Entende-se por descarga a quantidade de tinta depositada por unidade de área. Está directamente relacionada com o volume do alvéolo (buraco na superfície do cilindro criado pela destruição das ligações químicas do silicone por acção da energia do *laser*) e com a definição, uma vez que quanto maior o número de pontos por área, maior a quantidade depositada. Se a definição de um desenho for um parâmetro fixo, a descarga será tanto maior quanto maior for o volume dos alvéolos. A figura 34 representa uma escala de cinza com uma definição linear de 20 pontos/cm (ou seja, 400 pontos /cm<sup>2</sup>). Neste caso o aumento da intensidade da descarga deve-se ao aumento das dimensões dos alvéolos. Os valores indicados referem-se à intensidade do

---

negro, variando desde 1% até 95%. Assim, quer a 1% quer a 95% a quantidade de alvéolos na matriz é a mesma variando apenas as dimensões dos mesmos, transportando mais ou menos tinta.



**fig. 34** – Escala de cinza com definição linear de 20 pontos/cm com variação de intensidade de negro de 1 a 95% por variação do volume dos alvéolos incisos (impressão em papel).

A definição e a descarga estão intimamente relacionadas. Em termos práticos, devido às características físicas dos alvéolos, um excesso de definição compromete uma boa descarga e vice-versa. Isto acontece uma vez que a definição é limitada pela quantidade de alvéolos que uma determinada área compreende. Para a mesma área, se aumentarmos infinitamente a definição, isto é, se aumentarmos a quantidade de alvéolos, estes terão que ser cada vez mais pequenos para que outros possam “caber” a seu lado sem que haja interferência entre eles. Embora a quantidade de alvéolos seja superior, o volume total de tinta por eles comportado é inferior, reduzindo a descarga.

No caso oposto, a descarga será tão mais elevada quanto maior o volume médio dos alvéolos. Com as suas dimensões ampliadas, menor será a quantidade de alvéolos por unidade de área, ocorrendo uma diminuição da definição.

No ponto máximo da definição, uma determinada área terá tantos alvéolos e tão pequenos que não serão sujeitos a enchimento, visto a sua profundidade ser irrelevante perante a pressão exercida pela espátula. A impressão é nula. Para a mesma área, a descarga máxima obter-se-á quando toda a área constituir um só buraco, pelo que o resultado da impressão será uma área completamente pintada, sem qualquer tipo de definição.

A definição é também limitada pelas propriedades da tinta utilizada na decoração. A viscosidade da tinta é um factor preponderante neste aspecto pois é influente no carregamento do alvéolo. Um alvéolo de dimensões reduzidas será mais facilmente carregado pela espátula se a tinta for pouco viscosa. Em contrapartida, a baixa viscosidade pode, no caso de alvéolos de grandes dimensões, permitir a saída da tinta logo após o carregamento, desfigurando o desenho. A viscosidade ideal de trabalho da tinta está associada às dimensões médias dos alvéolos.

---

## F - INCISÃO

Existem várias máquinas de incisão laser. Cada uma delas possui características que as tornam únicas, pelo que o funcionamento de uma máquina de incisão não deve ser generalizado. Salientam-se entre as máquinas mais conhecidas do mercado a *System*®, a *LaserKing*® e mais recentemente a *GPIII*®. O desenvolvimento deste trabalho tem por base a tecnologia *LaserKing*®. Os parâmetros da máquina e a sua influência no processo de incisão serão discutidos no capítulo 4.

Uma incisão é caracterizada pela sua distribuição de pontos, pelo ângulo de orientação da malha, pela descarga e definição e pela escala/gradiente de cor que realiza. A criação de incisões é um processo que envolve o controlo de todas as variáveis do processo de incisão, pelo que, na óptica do utilizador, foram criadas algumas incisões-padrão de uso mais recorrente. São incisões que no seu conjunto solucionam a maior parte dos trabalhos a realizar. Encontra-se representado na figura 35 o resultado da impressão em papel das incisões realizadas num cilindro do tipo T1 (LK249, LK349 e LK451) para a realização do mesmo desenho (original PC).

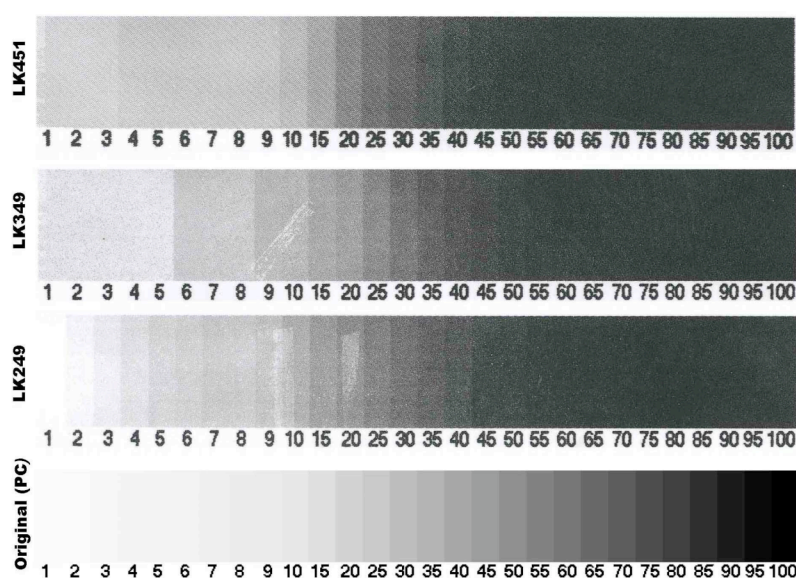


fig. 35 – Resultado das incisões *LK249*, *LK349* e *LK451* na representação do motivo original (PC).

Uma incisão é designada inicialmente por duas letras, LK, que estão relacionadas com a máquina onde a incisão foi realizada, neste caso, a *LaserKing*®. Os dois últimos algarismos indicam o ângulo de orientação da malha relativamente ao

cilindro. No meio, os algarismos que se seguem às letras indicam a definição linear que corresponde ao número de centímetros necessários para se somarem 100 pontos. Por exemplo, a incisão LK349 apresenta 33,3 pontos/cm ( $100:3=33,3$ ) enquanto que a LK451 tem apenas 25 pontos/cm ( $100:4=25$ ). A incisão LK249 é a única exceção pois apresenta apenas 40 pontos/cm, quando, de acordo com a regra deveria possuir 50 pontos ou, então, designar-se LK2549. Na tabela IV apresentam-se os valores característicos de várias incisões.

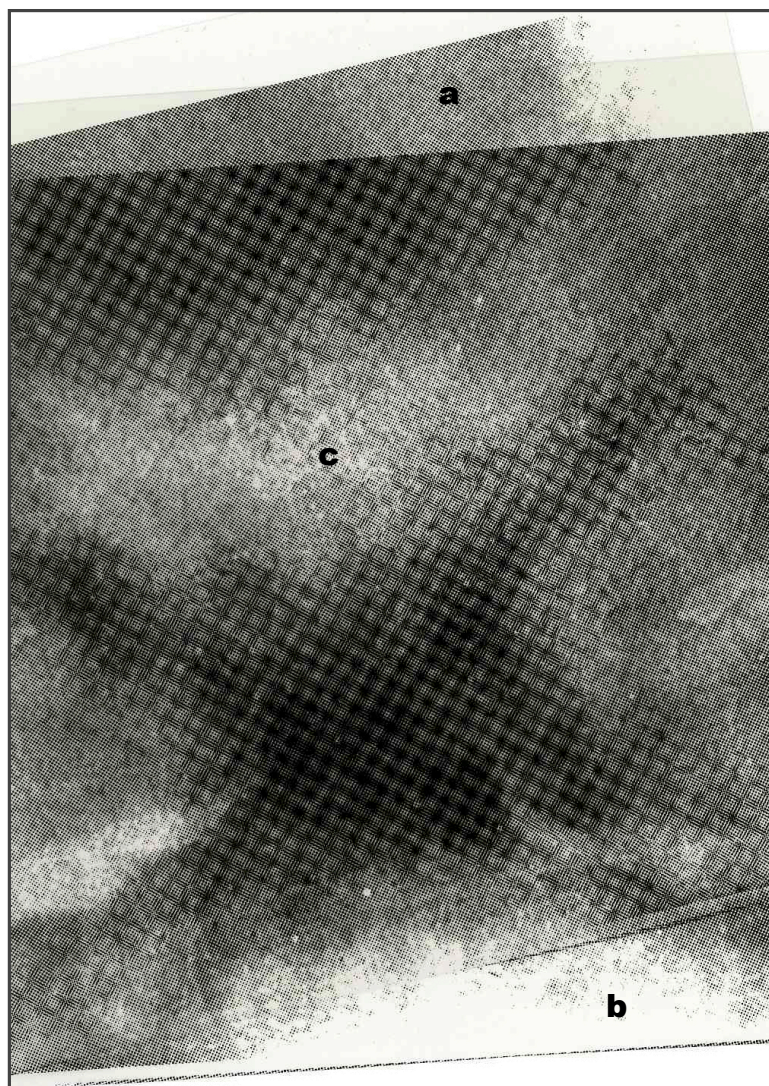
**TABELA IV** – Definição e ângulo de algumas incisões.

Incisão	Pontos/cm	Ângulo	Observações
LK 249	40	49	Alta definição
LK 349	33,3	49	
LK 451	25	51	Boa descarga
LK 4416	22,7	16	
LK 549	20	49	Baixa definição

Estes dois factores, ângulo e número de pontos, determinam a distribuição dos pontos pela superfície do cilindro. Cada ponto é depois caracterizado por um determinado volume de acordo com a intensidade correspondente originando uma descarga diferenciada entre os pontos, responsável pela formação da imagem. O volume do alvéolo está relacionado com factores que serão abordados de forma mais promenorizada no capítulo 4.

A realização de trabalhos compostos por vários cilindros pressupõe diversas vezes um nível de descarga distinto para cada incisão. Para se conseguir esta diferenciação recorre-se ao uso de incisões com diferentes definições originando uma alteração do número de pontos que constituem o desenho. Esta alteração pode originar um efeito visual indesejado que desvirtua a totalidade do motivo. Este efeito é observado quando se sobrepõem, no mínimo, duas gráfica com definições distintas em que os pontos se agrupam de uma forma irregular formando zonas de elevada e baixa concentração. A Figura 36 exemplifica a formação deste efeito – *moiré*, por sobreposição de duas imagens.

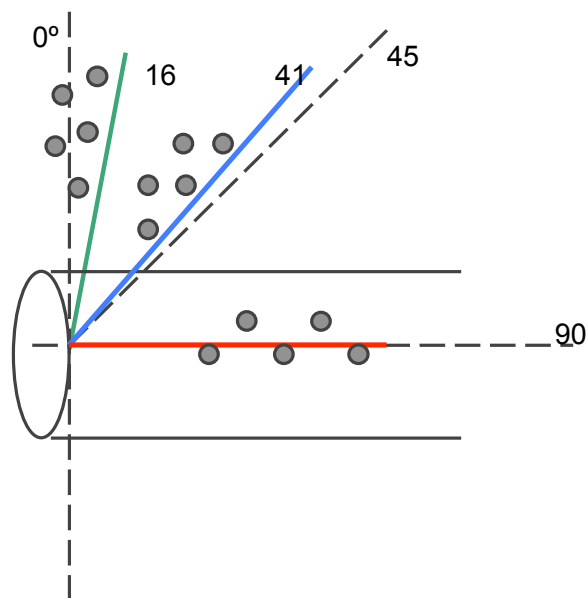




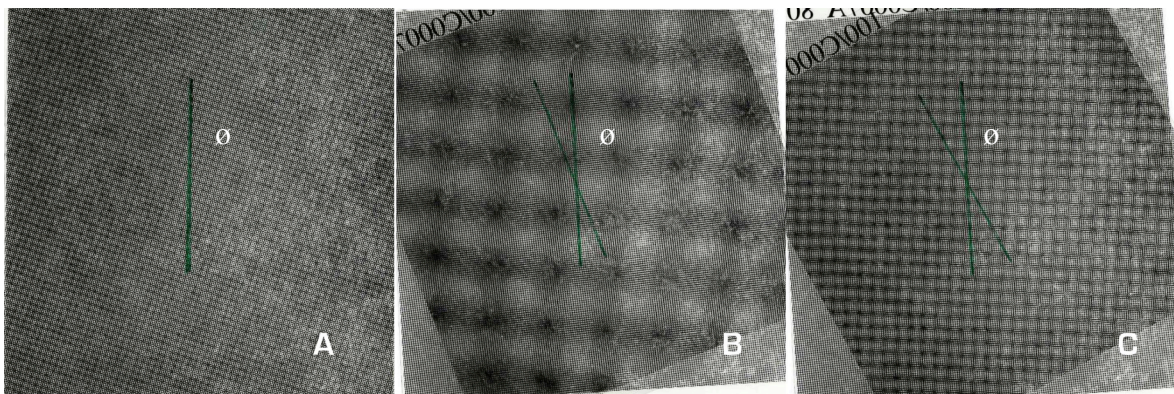
**fig. 36** – Sobreposição de duas imagens [a] e [b] com formação de efeito *moiré* [c].

O *moiré* consiste num efeito visual que ocorre quando se vê um conjunto de linhas ou pontos sobrepostos, com diferentes tamanhos, ângulos ou espaçamentos.

A solução para evitar este tipo de situações na produção cerâmica foi a criação de incisões com ângulos distintos e complementares, de modo a que a sobreposição não origine *moiré*. A figura 37 ilustra diferentes orientações da matriz. Na figura 38 é simulado o efeito *moiré* pela sobreposição de películas com ângulos distintos.



**fig. 37** – Possíveis ângulos de orientação das matrizes para evitar o aparecimento do efeito *moiré*.



**fig. 38** – Aparecimento do efeito *moiré* causado pela variação do ângulo de orientação do ponto [A: sobreposição sem efeito *moiré* –  $\theta=0$  ; B e C: formação de efeito *moiré* por alteração do ângulo  $\theta \neq 0$ ]

---

### 3.3. DECISÃO

A decisão da incisão a utilizar é tomada pelo técnico de produção de acordo com todos os parâmetros envolvidos na análise (3.1) e no Tratamento gráfico (3.2)

#### G – DIMENSÃO DO CILINDRO

A dimensão do cilindro deve ser tal que garanta a reprodução total do desenho. Este parametro é normalmente determinado pelo cliente.

#### H – DUREZA DO SILICONE

Característica de cada cilindro de silicone, a dureza é a propriedade que mais directamente influencia a concretização da impressão em perfis com relevos. O regime elástico do silicone influencia a sua capacidade de adaptação ao substrato, ainda que comprometa a definição da imagem obtida. A deformação que ocorre no cilindro quando este entra em contacto com o substrato, origina a deformação do desenho e, consequentemente, reduz a sua definição. Quanto menor for a dureza do silicone, melhor será a sua adaptação ao substrato. Alterando a pressão do cilindro sobre a peça consegue-se decorar o alto e o baixo relevo.

A tabela III especifica a profundidade teórica até à qual cada cilindro é capaz de pintar sem deformar o desenho e sem partir a peça.

**TABELA III** – Profundidade de impressão de cilindros padrão.

Identificação	Profundidade (mm)
T1	0 - 2
INT	2 - 2,5
SS	2,5 - 3

Várias são as consequências que podem ter origem num aumento excessivo da pressão:



- 
- a) “Borratado” à borda – o excesso de pressão origina uma deformação dos primeiros alvéolos que entram em contacto com a borda da peça;
  - b) Falhas de impressão em alto relevo – o excesso de pressão em alto relevo induz o bloqueio da tinta nos alvéolos. A compressão do silicone fecha a saída não ocorrendo transferência de tinta;
  - c) Maior desgaste do rolo – aumento do atrito entre o cilindro e a peça;
  - d) Fractura do substrato – formam-se rachadelas.

Como foi referido, a análise inicial deve atender ao relevo da peça a decorar para que se proceda à escolha adequada do cilindro de silicone a utilizar. A escolha do silicone afectará a escolha da incisão na medida em que a resposta da superfície do silicone à energia laser varia de acordo com as suas características químicas, obtendo-se para cilindros com durezas diferentes (ver 2.2.1), resultados diferentes para a mesma incisão.

### **3.4. PRODUÇÃO**

A etapa final de produção consiste na configuração e activação da máquina laser de acordo com os parâmetros do produto.

#### **a) *SOFTWARE***

A escolha da incisão é realizada nesta etapa. O software utilizado para a realização de incisões é o *FlexusPC*®. É seleccionada a incisão definida ou, se for o caso, é programada uma nova incisão. Este programa permite o controlo de todas as variáveis referentes às incisões, tais como a velocidade de rotação do rolo, a energia do laser, a distribuição de pontos. etc.

#### **b) *HARDWARE***

De acordo com as dimensões do cilindro são reajustados os suportes que sustentam o cilindro durante a gravação. Nesta etapa procede-se ao ajuste da distância do laser à superfície do cilindro, um dos parâmetros característicos de cada incisão.

---

## 4. INCISÃO LASER

### 4.1. EQUIPAMENTO LASER

O processo de incisão laser é gerido por dois equipamentos de raiz. Um deles consiste numa estação de tratamento gráfico (*Mac + Adobe Photoshop*) que gere a aquisição e elaboração das gráficas. Após a sua configuração definitiva, esta informação é transferida para o computador que coordena a máquina de incisão (*PC + LaserKing*).

O laser realiza a incisão gráfica cavando o cilindro de silicone que constitui o elemento de impressão do processo. A programação deste *software* que coordena o laser é realizada de acordo com o grau de definição que se pretende obter. De acordo com o que foi referido no capítulo anterior, cada programação da máquina corresponde a um programa de incisão.

O hardware do laser, esquematicamente representado na figura 39, é constituído por uma fonte de emissão do feixe, um espelho e uma lente.

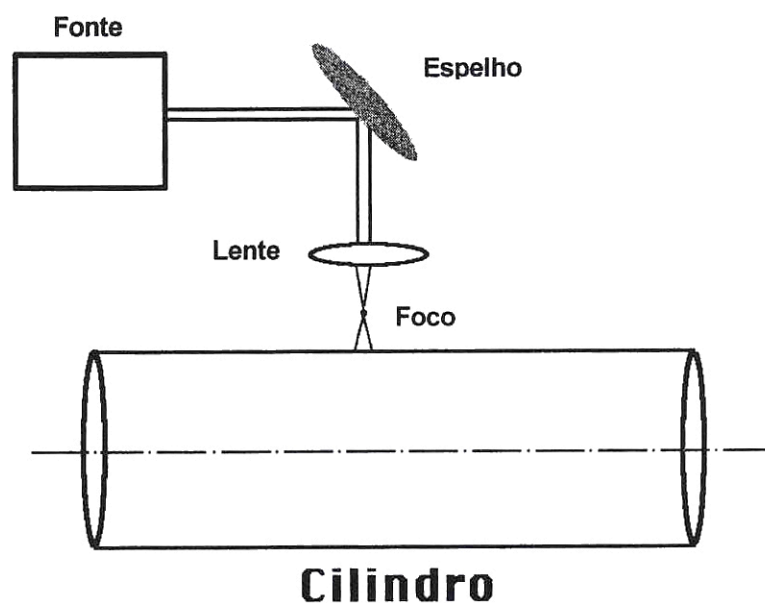
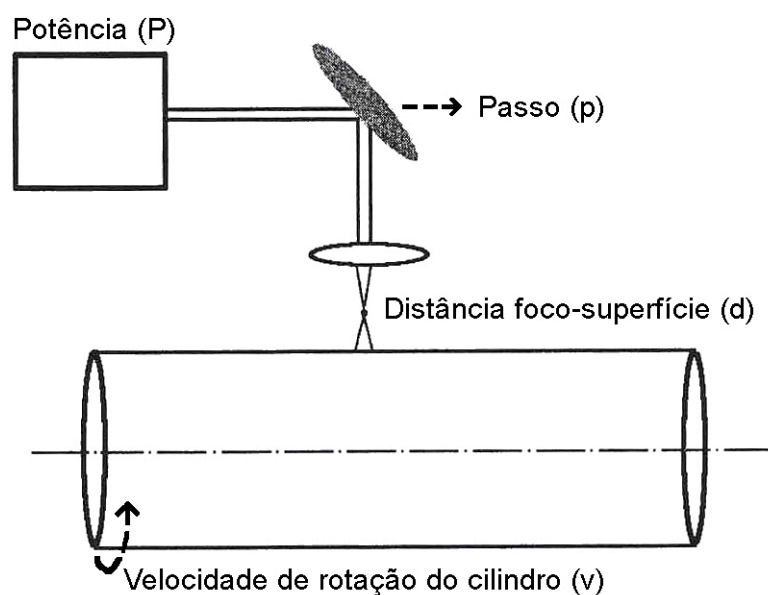


fig. 39. – Representação esquemática do hardware do laser.

Iniciado o processo de incisão, o cilindro roda em torno do seu eixo longitudinal à velocidade definida. Localizado no extremo do cilindro, o laser inicia o seu deslocamento ao longo de todo o comprimento à velocidade definida pelo “passo”. Simultaneamente os impulsos laser cavam, de acordo com o número e a intensidade dos pontos definidos,

---

os alvéolos de diferentes dimensões. O processo de incisão está esquematizado na figura 40. O movimento de rotação do rolo associado à deslocação constante efectuada pela cabeça laser garantem uma cobertura da superfície cilíndrica [se em vez do laser se se traçasse o percurso com uma caneta, obter-se-ia no final, uma espiral desenhada em torno de todo o cilindro].

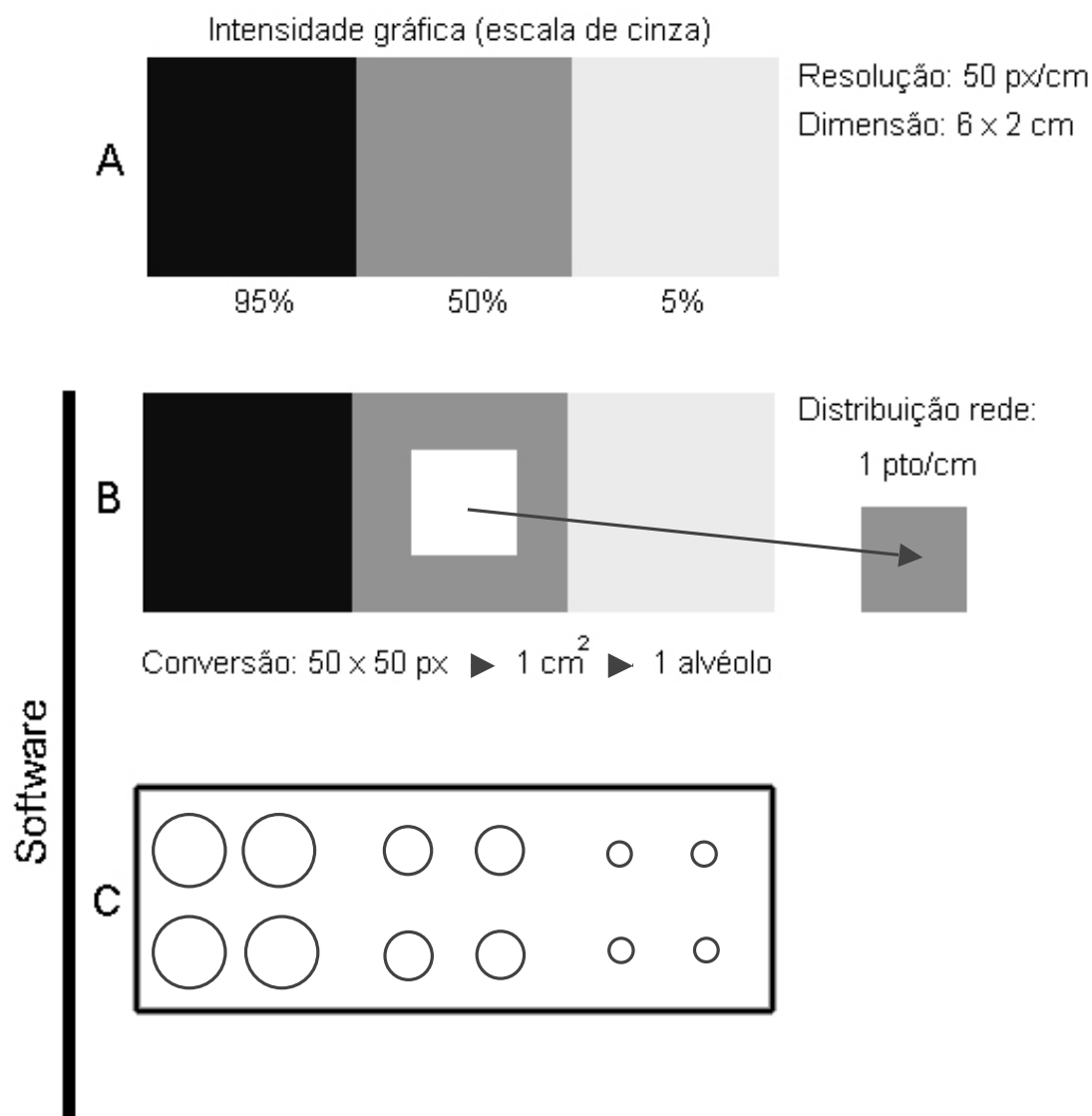


**fig. 40** – Actuação das variáveis [potência, passo, distância do foco à superfície e velocidade do cilindro] no processo de incisão

## 4.2. CURVA DE CALIBRAÇÃO

A dimensão de cada alvéolo é definida pela sua área superficial. Cada programa de incisão é definido pelos quatro parâmetros apresentados na figura 39 e por uma curva de calibração característica que funciona como curva de ajuste entre a intensidade dos pixels e a área superficial do alvéolo. A potência do laser, o “passo” (ver 4.3), a distância do foco laser à superfície e a velocidade de rotação do cilindro mantêm-se constantes ao longo de cada processo. A curva de ajuste indica a área teórica que deve ser incisa para originar um alvéolo com determinadas dimensões [área superficial e profundidade]. A não linearidade do processo deve-se ao facto de que enquanto se trabalha nos programas de tratamento de imagem a informação é codificada a duas

dimensões [px x px] e quando se passa para o laser, embora a informação continue a contemplar apenas duas dimensões, o resultado é um volume tridimensional. Com a curva de calibração realiza-se o ajuste entre a área superficial teórica que daria origem a uma determinada intensidade de cor e a área real que determina, por consequência da energia laser utilizada, a profundidade do alvéolo. A figura 41 representa a conversão entre os pixels e os alvéolos.

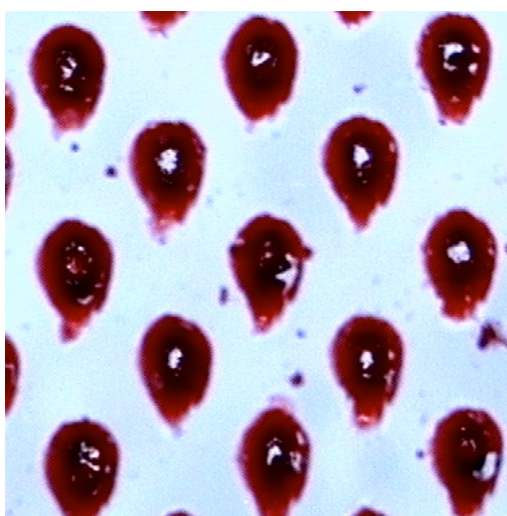


**fig. 41** – Conversão de pixels em alvéolos de acordo com a resolução do ficheiro e da distribuição de pontos.

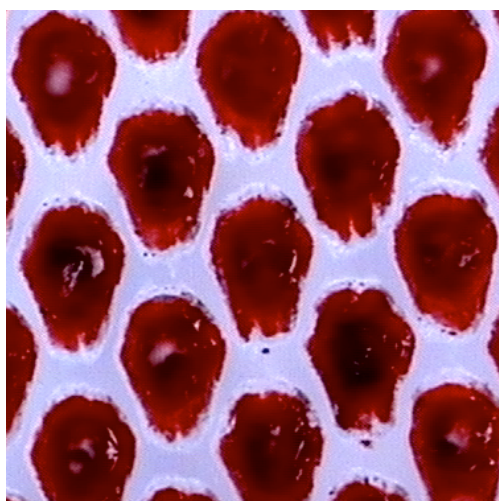
---

Como se pode observar, a distância entre o centro dos alvéolos é a mesma de acordo com a rede definida. A curva de calibração converte, uma determinada área definida por pixels numa outra, um círculo, que será sujeita a incisão. O interior dos círculos representados em C serão alvo de incisão laser. A curva de calibração é única para cada programa de incisão.

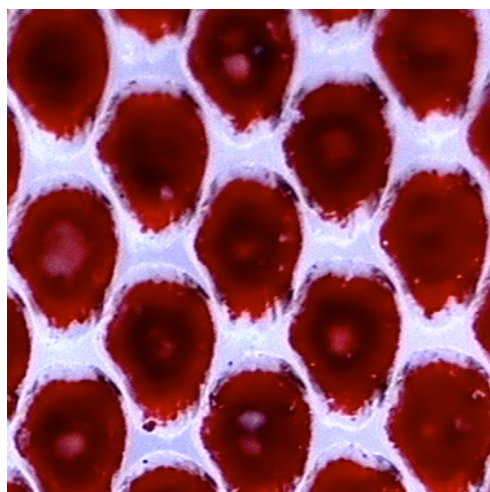
As figuras 42, 43 e 44 representam os alvéolos resultantes de uma incisão LK451 para as intensidades de cinza de 10, 50 e 90%, respectivamente. As imagens apresentam os alvéolos com o interior vermelho, pois foi utilizado um marcador de tinta vermelha permanente para se evidenciar os detalhes dos mesmos.



**fig. 42** – Alvéolos resultantes de uma incisão LK451 para uma intensidade de 10% [escala de cinza]; [Ampliação  $\approx$  50X].



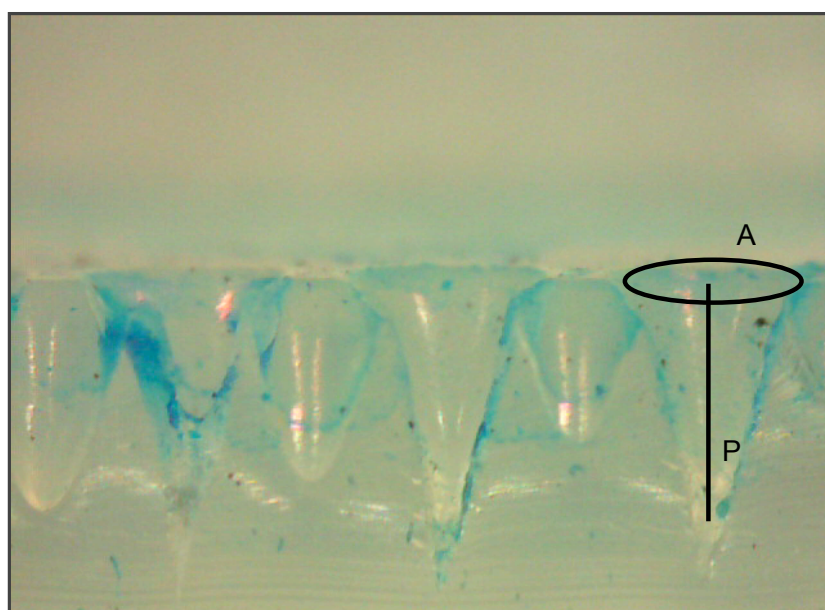
**fig. 43** – Alvéolos resultantes de uma incisão LK451 para uma intensidade de 50% [escala de cinza]; [Ampliação  $\approx$  50X].



**fig. 44** – Alvéolos resultantes de uma incisão LK451 para uma intensidade de 90% (escala de cinza); [Ampliação  $\approx 50X$ ].

### 4.3. ENERGIA DO LASER

A formação de um alvéolo no silicone não é mais que uma destruição das cadeias de silicone que dão lugar a um buraco. Quanto maior for a energia fornecida pelo *laser*, maior a destruição, maiores as dimensões do alvéolo (área superficial e profundidade, figura 45). A energia é quantificada pela potência da fonte laser (A) e pelo tempo de exposição (B). A concentração energética do feixe laser, que varia de acordo com a área do próprio feixe (C), é também importante na geometria do alvéolo, que na maior parte dos casos é semelhante a um cone.



**fig. 45** – Corte transversal da superfície de silicone: Geometria dos alvéolos obtidos por incisão laser (Área superficial – A ; Profundidade – P)

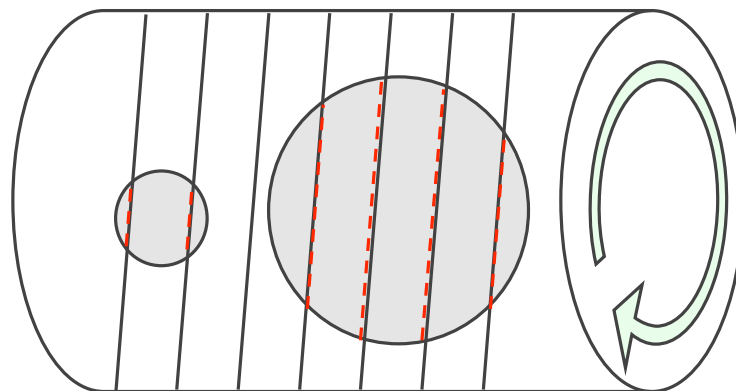
---

## A – POTÊNCIA DA FONTE

A potência laser é característica de cada programa de incisão. É definida durante a fase de teste que precede a fixação dos parâmetros. Para programas de incisões pouco definidas a potência é normalmente mais elevada e para incisões mais delicadas, de elevada definição, a potência utilizada é menor. É normalmente caracterizada em termos relativos, por percentagem, ainda que a sua potência efectiva varie entre 200 e 750W [watts] [5].

## B – TEMPO DE EXPOSIÇÃO

O tempo de exposição corresponde ao tempo de interacção entre o feixe e a superfície de silicone. Quanto maior a área determinada pelo *software*, maior o tempo de exposição. Considerando o percurso do feixe laser sobre a superfície como uma linha em espiral contínua, podemos comparar (figura 46), a diferença de tempo de exposição entre alvéolos de diferentes áreas. O aumento do tempo de exposição em função da área influencia a profundidade do alvéolo criado, que será tão mais profundo quanto maior for a exposição ao raio laser. Verifica-se também que quanto maior a área maior o número de passagens do laser. O aumento da área aumenta o tempo de exposição, quer pelo maior número de passagens, quer pelo aumento da duração de cada uma delas.



**fig. 46** – Variação do tempo de exposição ao laser ( -- ) em função da área (●) a incidir.

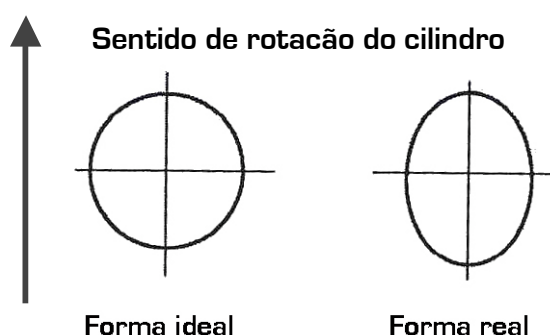
Fixando a área do alvéolo determinada pelo software, o tempo de exposição varia com a alteração da velocidade de rotação do cilindro e com a alteração do “passo” do

---

laser. Embora independentes, a alteração destas variáveis pode ter consequências semelhantes a nível de tempos de exposição, mas o resultado será diferente a nível da geometria do alvéolo, como se verá de seguida.

### **i) VELOCIDADE DE ROTAÇÃO DO CILINDRO**

Colocado no suporte o cilindro inicia a sua rotação antes de se iniciar a incisão. Este movimento é responsável pela ovalização dos alvéolos, que será tanto maior quanto mais rápida for a velocidade de rotação. Esta deformação relativamente à forma ideal, figura 47, acontece no sentido de rotação do referido cilindro.

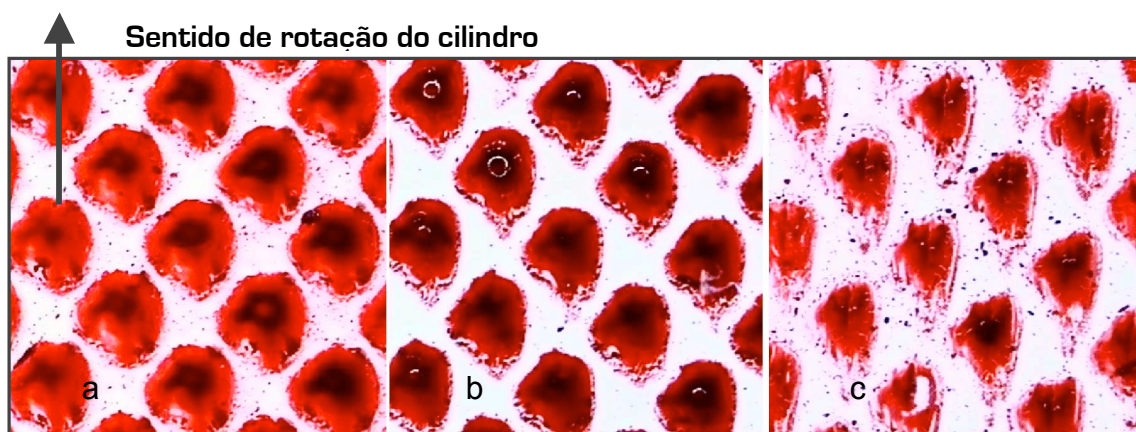


**fig. 47** – Deformação do alveolo causada pelo movimento de rotação do cilindro

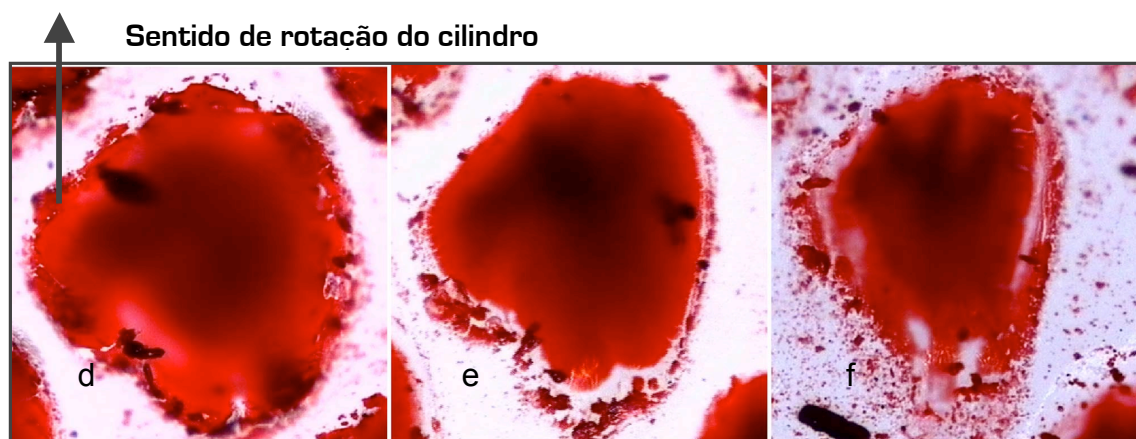
Nas figuras que representam alvéolos [figuras 42, 43 e 44] verifica-se a presença, nalguns casos, de um rasto deixado pelo laser no sentido oposto ao de rotação do cilindro. Este fenómeno está relacionado com as características do impulso laser e a da velocidade de rotação do cilindro.

Com o aumento da velocidade de rotação, o tempo de exposição para a mesma área diminui, pelo que se verifica, não só uma deformação da área superficial do alvéolo, que deveria ser um círculo, mas também uma diminuição da profundidade do mesmo. As figuras 48, 49 e 50 são fotografias captadas por um microscópio óptico que evidenciam a variação das dimensões dos alvéolos, correspondentes a uma intensidade de 50% numa escala de cinza gerada por computador - AdobePhotoshop. Resultando de uma incisão LK451 num cilindro T1, verifica-se que a variação dos parâmetros dimensionais de acordo com a variação de velocidade de rotação do cilindro obedece a uma relação que tem por base o tempo de exposição. Para os valores de velocidade de 150, 300 e 450m/s verificou-se que o volume [área superficial e profundidade] diminui com a redução do tempo de exposição.

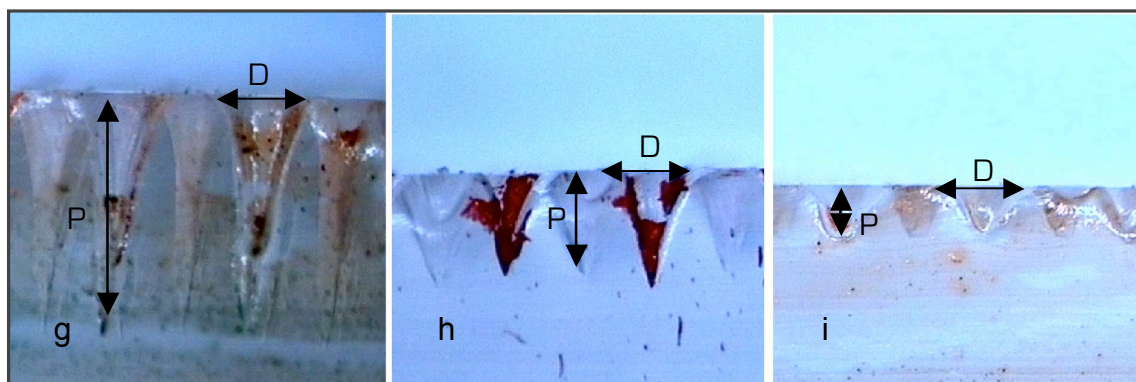




**fig. 48** – Variação da área superficial de alvéolos incisivos em silicone tipo T1, correspondentes a uma intensidade de 50% numa escala de cinza característica da incisão LK451, para velocidades de rotação do cilindro de: a)150, b)300 e b) 450cm/s [Ampliação  $\approx$  35X]



**fig. 49** – Variação da área superficial de alvéolos incisivos em silicone tipo T1, correspondentes a uma intensidade de 50% numa escala de cinza característica da incisão LK451, para velocidades de rotação do cilindro de: d)150, e)300 e f) 450cm/s [Ampliação  $\approx$  125X]



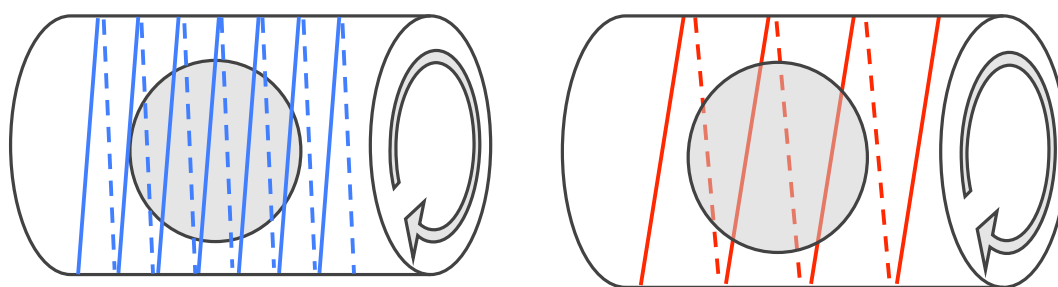
**fig. 50** – Perfil dos alvéolos incisivos em silicone tipo T1, correspondentes a uma intensidade de 50% numa escala de cinza característica da incisão LK451, para velocidades de rotação do cilindro de: g)150, h)300 e i) 450cm/s [Ampliação  $\approx$  35X]

---

Pode verificar-se a diminuição da profundidade,  $P$ , à medida que a velocidade de rotação do cilindro aumenta, para um valor de diâmetro,  $D$ , constante.

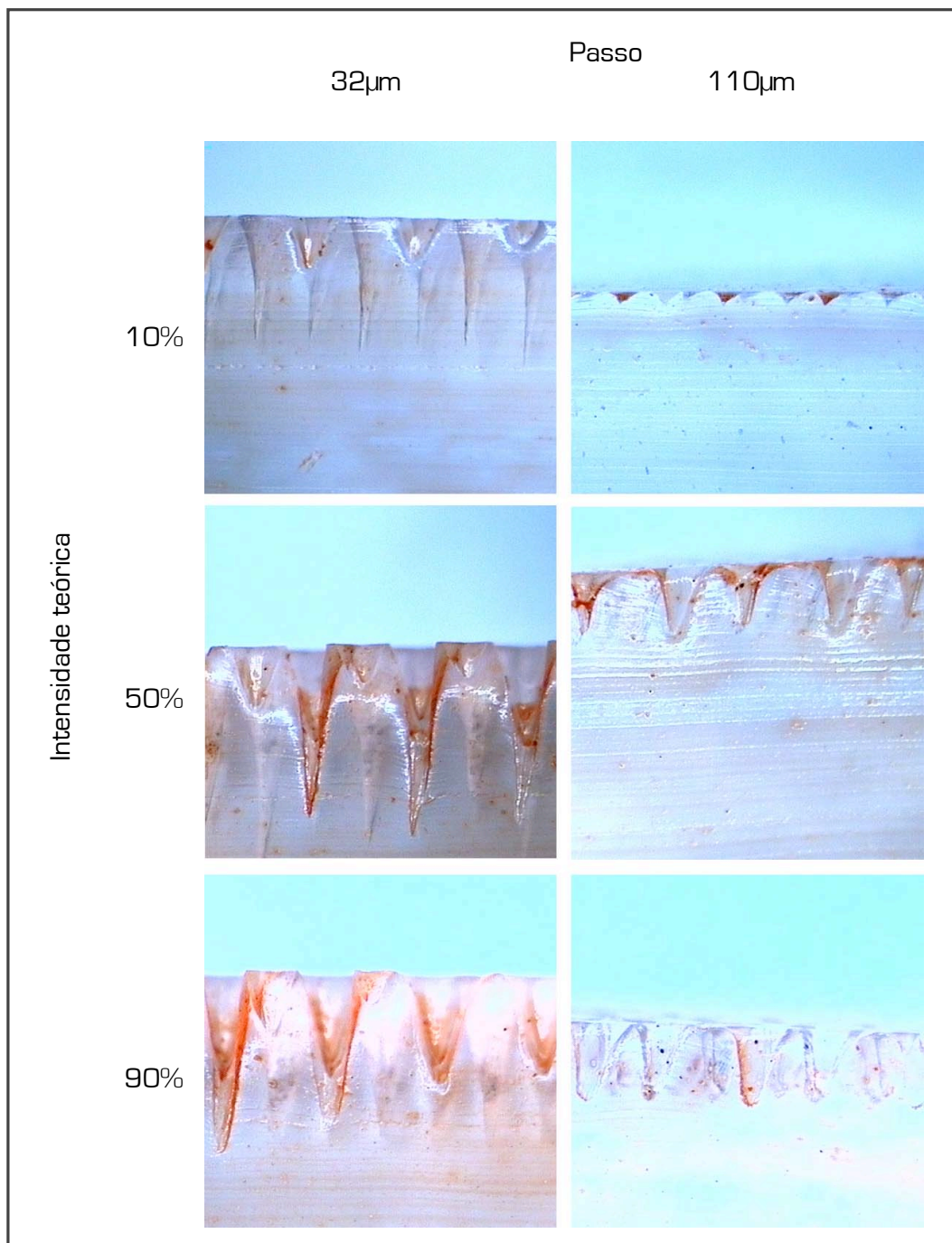
## ii) PASSO

O passo do laser é definido pela velocidade de deslocação do foco laser relativamente ao cilindro [ver figura 40]. Directamente responsável pelo tempo de exposição laser, o passo influencia também as dimensões dos alvéolos. Se considerarmos a velocidade de rotação do cilindro e a área superficial teórica de um alvéolo como parâmetros fixos, o aumento ou a diminuição do passo do laser corresponde a uma diminuição ou a um aumento do número de passagens do foco pela área pretendida, respectivamente. O passo, como o próprio nome indica, é o deslocamento do foco por cada volta completa que o cilindro realiza. A figura 51 representa um aumento do passo para o dobro e consequente diminuição do tempo de incisão para metade.



**fig. 51** – Alteração do passo do laser para o dobro para a realização de um alvéolo com a mesma área superficial;

Na figura 52 encontram-se representadas as sucessivas variações dimensionais de alvéolos correspondentes a intensidades de 10, 50 e 90% da incisão LK451, com velocidade de rotação característica de 300 cm/s. Foram realizadas incisões com dois passos distintos: 32 [coluna esquerda] e 110 $\mu$ m [coluna direita].



**fig. 52** – Alteração da dimensão dos alvéolos com a variação do passo de incisão: 32 [coluna esquerda] e 110 $\mu$ m [coluna direita]; [Ampliação  $\approx$  50X].

Para valores de intensidades iguais, ou seja, áreas superficiais iguais, verifica-se na figura 52 que o volume do alvéolo aumenta com a diminuição do passo. O parametro que mais sofre alteração é a profundidade do alvéolo que diminui claramente com o aumento do passo. Para realizar um alvéolo com a mesma área o foco laser passa mais vezes sobre essa mesma área – varrimento da superfície mais preciso –



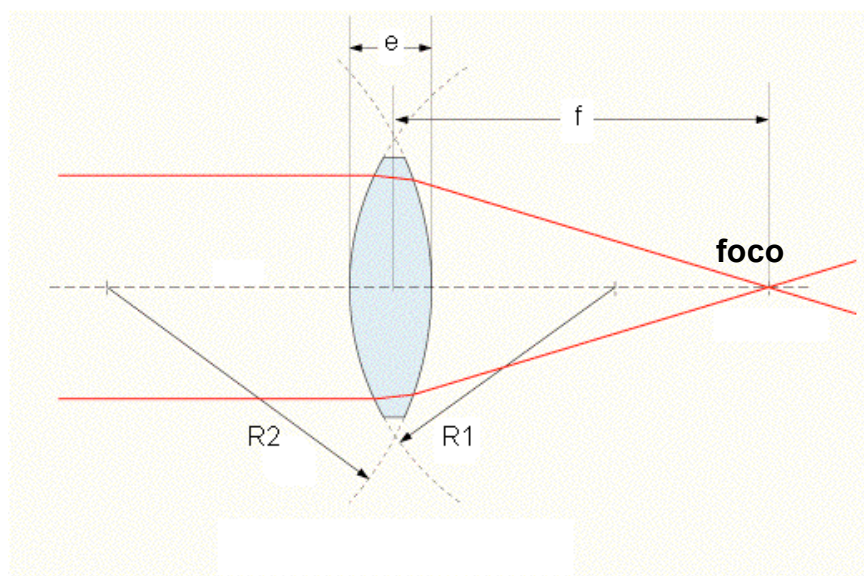
---

aumentando o tempo de exposição total que resulta num aumento de energia por unidade de área.

Para além dos parâmetros dimensionais do cilindro que sofre a incisão, os últimos parâmetros apresentados, velocidade de rotação do rolo e passo do laser, são os responsáveis pelo tempo total de gravação de um cilindro.

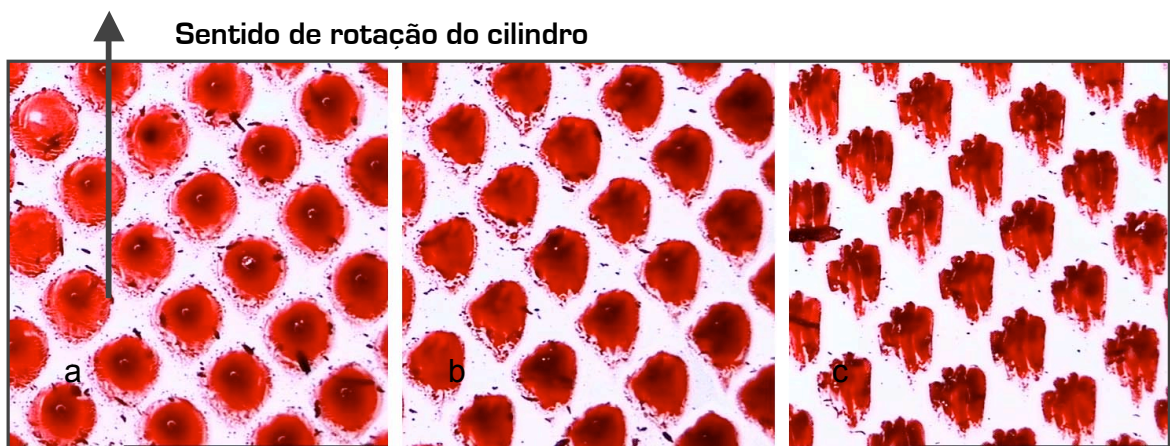
### (C) ÁREA DO FEIXE

A geometria de um feixe laser, característica de cada fonte de emissão, condiciona a distribuição energética no mesmo. O feixe emitido pela fonte sofre alterações dimensionais de acordo com os fenómenos ópticos a que é sujeito: reflexão - ao passar por um espelho o feixe é redireccionado - e refração - ao atravessar a lente (figura 39). Devido ao ângulo de refração a que é sujeito ao passar por uma lente biconvexa (no caso da lente do a *LaserKing*®) a energia converge para um foco. Este fenómeno está representado na figura 53.



**fig. 53** - Convergência do feixe laser em consequência da lente biconvexa presente na cabeça de incisão [e - espessura da lente; f - distancia focal; R1 e R2 - raios de curvatura da lente [1].

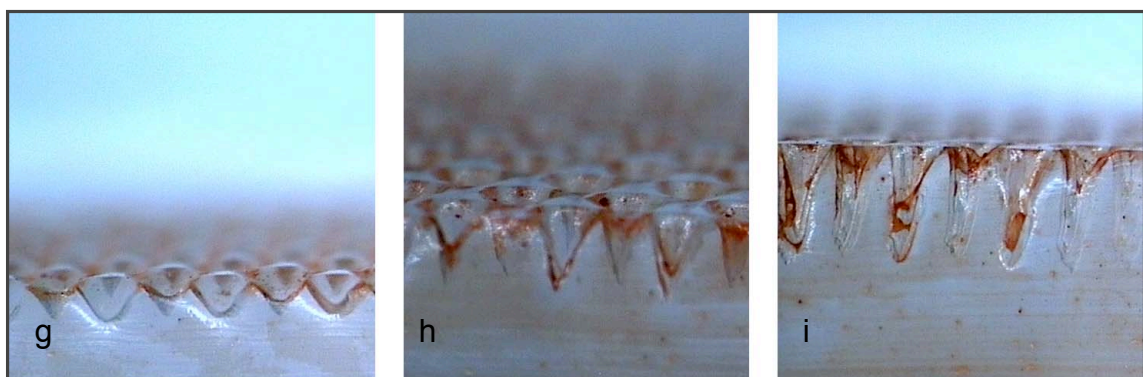
A zona do feixe laser que realiza a incisão corresponde à zona que se segue ao foco. A distância entre a superfície do silicone e o foco do laser determina a área do feixe *laser* e consequentemente a sua concentração energética. Como reflexo dessa variação surgem alterações na geometria do alvéolo. Nas figuras 54, 55 e 56 verifica-se o efeito da alteração da distância entre a superfície de incisão e o foco.



**fig. 54** – Variação da área superficial dos alvéolos incisivos em silicone do tipo T1, correspondentes a uma intensidade de 50% numa escala de cinza característica da incisão LK451 (velocidade de rotação cilindro = 300cm/s; passo = ), para diferentes distâncias (d) entre o foco e a superfície (da = 4,6 mm; db = 3,6mm; dc = 2,6mm); [Ampliação ≈ 35X]



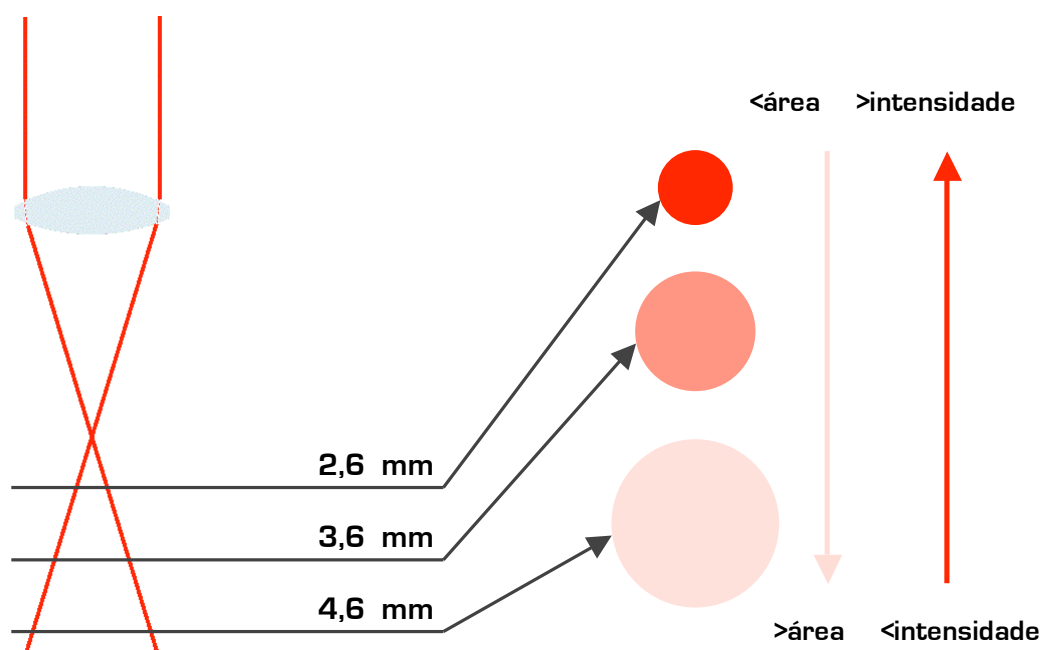
**fig. 55** – Variação da área superficial dos alvéolos incisivos em silicone do tipo T1, correspondentes a uma intensidade de 50% numa escala de cinza característica da incisão LK451 (velocidade de rotação cilindro = 300cm/s; passo = ), para diferentes distâncias (d) entre o foco e a superfície (dd = 4,6 mm; de = 3,6mm; df = 2,6mm); [Ampliação ≈ 125X].



**fig. 56** – Perfil dos alvéolos incisivos em silicone do tipo T1, correspondentes a uma intensidade de 50% numa escala de cinza característica da incisão LK451 (velocidade de rotação cilindro = 300cm/s; passo = ), para diferentes distâncias (d) entre o foco e a superfície (dg = 4,6 mm; dh = 3,6mm; di = 2,6mm); [Ampliação ≈ 35X]

---

A aproximação do foco à superfície tem por consequência a alteração da área do feixe laser onde se dá a incisão. Esquematicamente e completando as imagens anteriores [figuras 54, 55 e 56], a figura 57 demonstra que a zona do feixe que incide no cilindro, tem um raio específico de acordo com a distância a que se encontra da superfície.



**fig. 57** – Variação da intensidade e da área do feixe laser. Representação das posições onde foram efectuadas as incisões apresentadas nas figuras 53, 54 e 55.

Verifica-se que quanto menor é o raio do feixe laser [menor área] mais concentrada é a energia. Por consequência, a incisão do mesmo é mais localizada originando alvéolos mais profundos e com áreas superficiais irregulares que evidenciam cada passagem do laser pela área a definir. Quando a incisão ocorre em zonas do feixe onde o raio apresenta uma área maior e consequentemente uma menor concentração de energia (p.e.  $d=4,6\text{mm}$ ), o resultado da incisão revela alvéolos pouco profundos mas com áreas superficiais com contornos menos definidos mas mais suavizados, aproximando-se de um círculo.

---

#### 4.4. REALIZAÇÃO DE NOVAS INCISÕES

As variáveis responsáveis pelo processo de incisão apresentadas estão intimamente relacionadas. De um modo geral, cada programa de incisão deve ter um campo de aplicação específico. Para a realização de novas incisões devem ser considerados, admitindo que não ocorre nenhuma alteração a nível da fonte energética, os seguintes parâmetros:

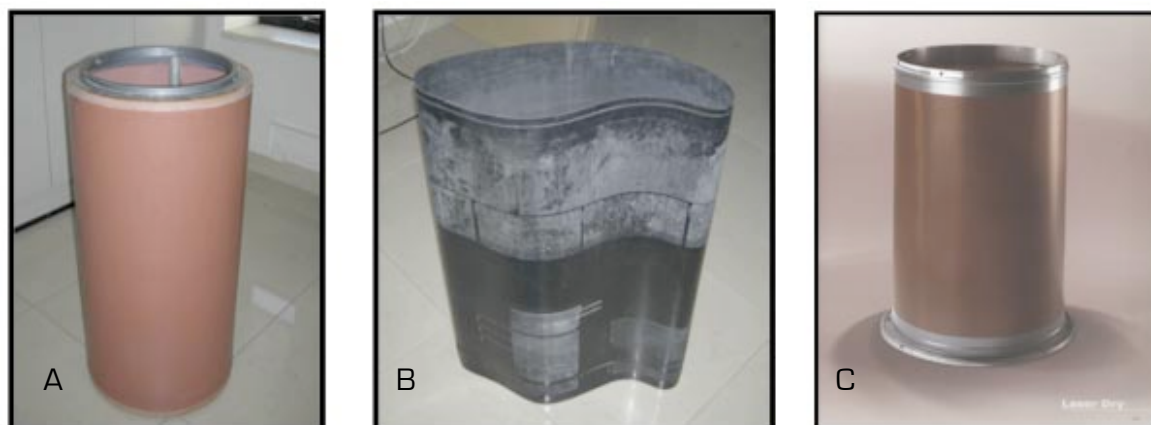
- a) Dureza do silicone a incidir – A estrutura química do silicone influencia, antes de todas as restantes variáveis, o resultado da incisão. Cada tipo de silicone responde de forma própria à energia laser;
- b) Área superficial dos alvéolos - definição e descarga do trabalho a realizar – A concentração de pontos ao nível da superfície do cilindro condiciona à partida as dimensões das áreas superficiais;
- c) Potência do laser, velocidade de rotação do cilindro, passo do laser e distância do foco à superfície – a inter-relação entre estes parâmetros é inevitável. De acordo com o programa que se pretende obter (por exemplo: incisão rápida, incisão de alta definição, etc.) os alvéolos terão que ser mais ou menos profundos e a sua geometria tão definida ou irregular como o pretendido. Tudo depende do objectivo do programa de incisão que se pretende obter.

---

## 5. TRABALHO REALIZADO

Durante o estágio foi realizado trabalho a diversos níveis contemplando-se: o sector produtivo, a investigação e desenvolvimento, a área da qualidade (controlo de materia-prima, processo e produto final), manutenção e funcionamento de equipamento, etc.

Embora este relatório incida sobre o processo de incavografia em rolos de silicone, existem também outros produtos, que, igualmente realizados por incisão *laser*, exigem um desenvolvimento especializado visto que o material que constitui a matriz é diferente. A produção de tapetes da *TSC*<sup>®</sup>, figura 58a (utilizados para decoração a seco, por exemplo para aplicação de granilhas), cilindros *LaserRoll*<sup>®</sup>, figura 58b (constituem também cilindros de silicone mas sem estrutura interna fixa) e, embora em menor escala, rolos *Laser Dry*<sup>®</sup>, figura 58c (cilindros constituídos por uma rede de níquel, usados para decoração a seco). Todos estes processos de incisão foram contemplados durante o estágio embora não tenham sido mencionados em nenhum dos pontos deste relatório.



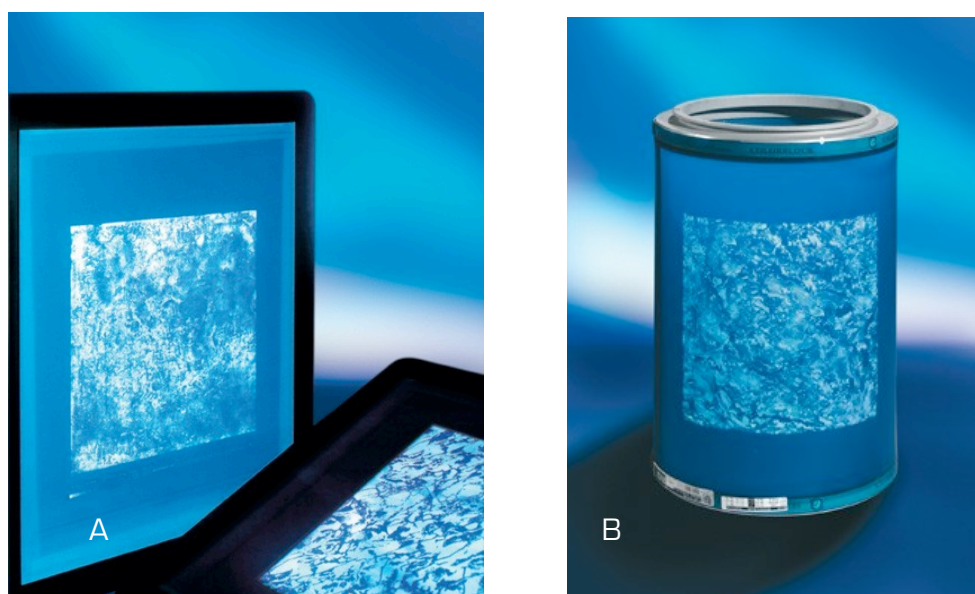
**fig. 58** – Diferentes produtos realizados: A – *LaserRoll*<sup>®</sup>; B – *TSC*<sup>®</sup>; C – *Laser Dry*<sup>®</sup>;

A empresa *ACA* produz também telas para serigrafia em cerâmica. Com base no princípio de foto-exposição (exposição da tela revestida de gelatina polimérica sensível a raios UV durante um determinado tempo) são utilizados dois processos distintos para a produção. No mais tradicional a transferência do desenho é efectuada por uma película transparente, colocada entre a tela e a fonte de raios UV, onde as zonas a negro – imagem – impedem a polimerização da gelatina. Após a exposição, a gelatina que sofreu



---

acção directa dos raios UV encontra-se no estado sólido e a restante permanece no seu estado gelatinoso. O mesmo acontece com o método mais recente, só que, em vez do uso da película, a imagem é criada pela deposição de uma camada de cera sobre a tela revestida de gelatina, criando um efeito similar à imagem negra da película, ou seja, impedindo que os raios UV atinjam a tela. Em ambos os casos, após o processo de foto-exposição, as zonas não-polimerizadas são limpas por acção da água, originando as zonas de transferência de tinta responsáveis pela criação da imagem. O tratamento gráfico de imagens para a realização de tela, ecrãs planos e Colorblocks®, figura 59, foi um dos processos desenvolvidos ao longo do estágio.



**fig. 59** – Telas para serigrafia produzidas [A–ecrã plano; B-Colorblock®] [1]

Para além dos processos de incavografia e serigrafia, o estágio incidiu ainda sobre outro processo de decoração destinado à cerâmica, a decalcomania. Associada à decoração por terceiro-fogo, o processo desenvolvido na empresa ACA está relacionado com a produção de decalques com base no sistema colorimétrico CMYK [*Cyan, Magenta, Yellow e Black*], através de uma impressora a *laser, Canon ColorPASS z5000e*. Com o desenvolvimento de tintas à base de pigmentos cerâmicos é possível realizar imagens no sistema colorimétrico atrás referido com uma definição tão elevada quanto o limite de definição da impressora o permita. Aplicando estas imagens em superfícies cerâmicas conseguem-se obter imagens com definição e dimensões impraticáveis pelo método tradicional de produção de decalques. Ainda que recente, o desenvolvimento do processo tem sido realizado com base em estudos que incidem sobre: curvas de cozedura, integração do pigmento no vidro, influência da

---

composição da película que constitui a folha do decalque na integração do pigmento no substrato, variação da intensidade da cor, etc.

De acordo com o trabalho desenvolvido relativamente ao processo de incavografia são evidenciados de seguida, alguns pontos que condicionaram a evolução do estágio e outros que resultaram da realização do mesmo.

## **5.1. HISTORIAL**

O processo de aprendizagem e investigação sucedeu-se gradual e continuamente. Procedeu-se à dissecação do conceito de incavografia através da interpretação do processo de transferência de tinta que ocorre durante a decoração. Estudou-se simultaneamente o processo de incisão laser em cilindros de silicone. Esta primeira etapa foi acompanhada permanentemente pelo coordenador do laboratório laser e apoiada por estágios de formação na empresa *Tosi*, em *Modena*, Itália.

Adquiridos os conceitos mínimos relativos ao processo de decoração e ao processo de incisão iniciou-se a realização de trabalhos com a supervisão do coordenador do laboratório *laser*. A interacção com os clientes sucedeu-se naturalmente à medida que novos trabalhos iam surgindo e era necessário proceder-se à análise para a sua realização, confrontando e aproximando o estagiário dos problemas existente na indústria cerâmica nacional. Conhecidas as características chave e as principais variáveis físicas do processo de decoração e de incisão, a interacção com o cliente cresce também com a necessidade do anterior em resolver problemas técnico-aplicativos dos produtos e mecanismos.

## **5.2. ENCOMENDAS REALIZADAS**

Ao longo do estágio foram executadas várias encomendas em para serigrafia, incavografia e também decalcomania. No âmbito da incavografia, foram realizados aproximadamente 30 trabalhos para pavimento, 35 para revestimento e mais de 20 alterações a produtos pedidas pelo cliente, o que constitui a realização de aproximadamente 350 incisões. Por motivos de sigilo profissional, dado que os trabalhos são propriedade dos clientes, não serão apresentados exemplos práticos dos produtos obtidos neste relatório.

---

### 5.3. MICROSCÓPIO ÓPTICO

Foi introduzido um laboratório de análise e medição com a aquisição e integração na empresa de um microscópio óptico, *LIPPOLIS VCR-profesional*, com suporte digital de imagens, *Video.K.Lite®*. Este componente, integrado no processo produtivo, nomeadamente na fase de controlo qualitativo e na área de pesquisa e desenvolvimento, constitui actualmente uma mais valia na análise fiável e detalhada do processo.

A análise microscópica constitui uma forte ferramenta que permite a observação dos principais intervenientes do processo, os alvéolos. De acordo com alguns estudos realizados, observou-se, por exemplo: a geometria dos alvéolos, a variação das suas dimensões ao longo da escala cinza, a variação da área superficial dos alvéolos em função da dureza do cilindro, a variação das dimensões dos alvéolos de acordo com a alteração dos parâmetros de incisão, geometria assimétrica dos alvéolos, distribuição e interação com alvéolos vizinhos, etc.

Com a integração deste componente, tornou-se possível a realização de diagnósticos precisos sobre o estado dos alvéolos, fundamentais para a localização e resolução de problemas, implementação de novas incisões, e, mais importante, passar de um plano de conhecimento baseado em conceitos teóricos para um conhecimento claro e realista.

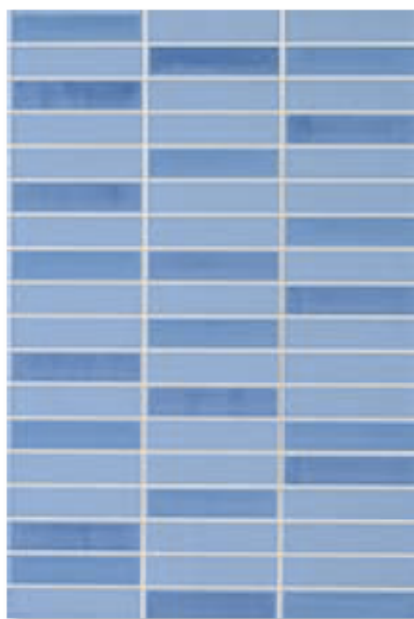
### 5.4. NOVAS POTENCIALIDADES DE INCISÕES

A investigação e desenvolvimento foi potenciada pela resolução de vários trabalhos práticos que exigem novas soluções técnicas a nível do processo de incisão. Foram desenvolvidas novas incisões, como é o caso da LK3N49 e LK2N49 já aplicadas com sucesso na indústria cerâmica. O aparecimento da letra **N** (*nova*) na designação da incisão está apenas relacionado com o facto de ser uma nova incisão que mantém os mesmos parâmetros das equivalentes LK349 e LK249. O desenvolvimento foi realizado no sentido de se efectuar um aperfeiçoamento no gradiente de intensidades da escala de cinza, aproximando o resultado da impressão por incavografia a impressão obida por uma impressora de papel a *laser*.

Resultado da investigação efectuada para a realização de um produto específico para um cliente, salienta-se a realização de uma incisão que permite efectuar

---

deposições de finas camadas completamente homogêneas, figura 60, sem se notar no produto final o ponto típico da incavografia característico das incisões comuns.

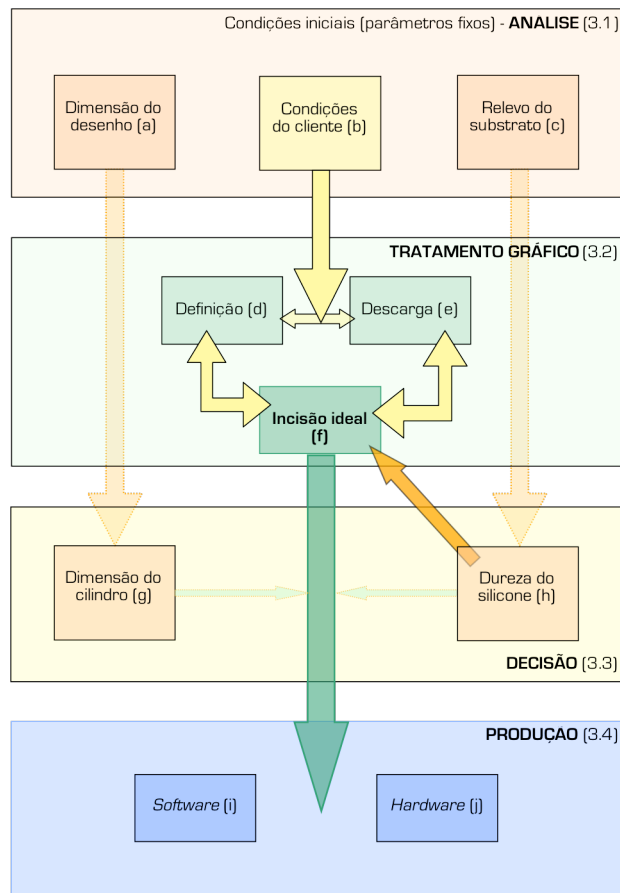


**fig. 60** – Zonas em azul escuro depositadas com base na nova incisão realizada – camada homogênea sem o ponto evidente.

## 5.5. DIAGRAMA DE DECISÃO

A elaboração de um esquema de decisão e a sua implementação no processo produtivo, figura 61, constituiu um dos passos importantes deste estágio. Em qualquer etapa do processo produtivo, a sequência e interacção entre as fases que envolvem a realização de um trabalho é fundamental para a localização do produto e orientação do operador.

Este processo de decisão é fundamental para o sucesso do produto. Dada a grande interdependência e complicidade das variáveis do processo, a elaboração de um produto por incisão laser, pode ser sistematizada através do seguimento do esquema criado, retirando o factor *intuição* aos passos necessários para a realização do produto.



**fig. 60** – Esquema base de realização de um trabalho de incisão laser: tomada de decisão (repetição da fig. 29)

---

## 6. CONCLUSÃO

O fundamento da realização do estágio profissional na empresa ACA – *Acessórios e Máquinas para Cerâmica, Lda.* foi a formação do estagiário para um posto de trabalho específico, integrado na área da serigrafia para a indústria cerâmica, tendo como base a tecnologia de incisão laser em rolos de silicone.

Durante este período foram conhecidas e controladas as matérias-primas utilizadas no processo de incisão *laser* e integradas as suas características no controlo do mesmo. De entre as características apresentadas, aquela que mais influência tem no processo é a dureza do silicone, tendo sido por isso, alvo de vários estudos [influência da dureza no resultado da incisão, variação da dureza com o envelhecimento do rolo, dureza ideal de trabalho, etc].

As máquinas utilizadas em todos os processos foram sendo conhecidas à medida que o estágio decorria, tendo sido fomentados conhecimentos relativamente a princípios de funcionamento e principais variáveis de máquinas como: *LaserKing*®, *Rotacolor*®, mesa de serigrafia, *LaserRoll*®, impressora de decalques, reveladora de películas, *Colorblock*®, etc. No âmbito da produção industrial foram explorados *softwares* relacionados com os processos utilizados. Exemplos disso são: o *Adobe Photoshop*® e o *FreeHand*® para preparação de imagens para incavografia, serigrafia e decalcomania, o *Flexus PC*® e o *TileDirect*® para parametrização do *laser* e formulações de incisões, o *Video.K.Lite*®, para captação e análise de imagem através do microscópio óptico, etc.

Nestes moldes foram realizadas cerca de 350 incisões em cilindros revestidos de silicone, para além de todos os trabalhos desenvolvidos relativos a outros processos que não a incavografia e de outro tipo de actividades não directamente relacionadas com o sector produtivo.

Devido às exigências do processo produtivo foi criado um protocolo de execução de encomendas que actualmente faz parte dos procedimentos de tomada de decisão relativamente à execução de um trabalho.

Novas potencialidades de incisão foram descobertas alargando-se o leque de soluções de decoração proporcionadas pela incavografia. O processo de incavografia foi documentado e promenorizadamente analisado, tendo-se identificado as principais variáveis presentes no processo e a sua influência no mesmo.

---

## REFERÊNCIAS

- [1] – [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com) - história da cerâmica;
- [2] – Guia técnico – Sector industrial da Indústria cerâmica, APICER, 1998
- [3] – Perfil sectorial – Cerâmica utilitária e decorativa;
- [4] – [www.rotocolor.it](http://www.rotocolor.it)
- [5] – *OEM Manual DIAMOND™ K-250 laser*, Coherent Laser Group, 2000, Santa Clara, USA ;